ISSN 2075-8545 (online)
CA(pt) • CrossRef • DOAJ • EBSCO Publishing • ESCI Web of Science • EZB • OAJI • ProQuest
Readera • ResearchBib • ResearchGate • Научная электронная библиотека • Ulrich's Periodicals Directory

NANOTEHNOLOGII V STROITEL'STVE nauchnyj Internet-zhurnal 2019 • Tom 11 • № 6
NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION A Scientific Internet-Journal 2019 • Vol. 11 • № 6
НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ научный Интернет-журнал 2019 • Том 11 • № 6

IN THE ISSUE:

В НОМЕРЕ:

- Electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» is a laureate of Prize of Printing Pioneer Ivan Feyodorov
- Электронное издание «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал» – лауреат конкурса имени русского первопечатника Ивана Фёдорова

- Nanomodification of epoxy binders
- Наномодификация эпоксидных связующих

- Modeling flexibility of nanocomposite pipelines
- Моделирование гибкости нанокомпозитных трубопроводов

- The inventions in nanotechnologies as practical solutions
- Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач

С Новым, 2020 годом!

Happy New Year 2020!

www.nanobuild.ru **e-mail: info@nanobuild.ru**

ISSUED WITH SUPPORT OF
ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING
РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

INTERNATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING
МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (CHINA)
УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ТЕХНОЛОГИЙ (КИТАЙ)

Nanobuild.ru

из НАНО строится ГИГАуспех!

GIGAsuccess is built from NANO!

Happiness, Joy and Realization of Your Wishes In New Year!

2020

The Editors, Editorial Council and Editorial Board of the Electronic Edition
«Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»

e-mail: info@nanobuild.ru

Nanobuild.ru

из НАНО строится ГИГАуспех!

GIGAsuccess is built from NANO!

Счастья, радости

и исполнения желаний

в Новом году!

2020

Редакция, редакционный совет и редакционная коллегия электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»

e-mail: info@nanobuild.ru

ISSN 2075-8545 (online)
CA(pt) • CrossRef • DOAJ • EBSCO Publishing • ESCI Web of Science • EZB • OAJI • ProQuest
Readera • ResearchBib • ResearchGate • Scientific Electronic Library • Ulrich's Periodicals Directory

NANOTEHNOLOGII V STROITEL'STVE: nauchnyj Internet-zhurnal

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal

CONTENTS

IN THE ISSUE 606

Happy New Year 2020! 607

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 613

TO THE AUTHORS AND READERS

Electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» is a laureate of Prize of Printing Pioneer Ivan Feyodorov 621

INTERNATIONAL EXPERIENCE

UDC 69.001.5+ 696.1+666.647

Kudryavtsev P.G.

Properties of porous heat-resistant composition materials. Part I 623

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 640

PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

UDC: 697.97+614.844: 614.838

Belozerov V.V.

«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions 650

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 667

RESEARCH OF NANOMATERIALS PROPERTIES

UDC 622.692

Baikov I.R., Smorodova O.V., Baibakov V.R.
Modeling flexibility of nanocomposite pipelines 671

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

UDC 547.311+544.7+544.23+541.128

Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Nizamov R.K.
Nanomodification of epoxy binders 686

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695

UDC 678

Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Zaripov I.I., Mazitov R.M., Kanarekin V.I.
Development of a new PVC composition with reduced flammability 696

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705

LAUREATES OF THE INTERNATIONAL AND ALL-RUSSIAN PRIZES

Results of the Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov for the best research and methodical works (monograph, coursebook, encyclopedia and journal) in 2019 706

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

UDC 608; 69.001.5

Ivanov LA., Razumeev K.E., Bokova E.S., Muminova S.R.
The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V 719

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729

CEMENT AND OTHER BINDERS WITH MINERAL AND ORGANIC ADDITIVES

UDC 622.245

Agzamov F.A., Ismagilova E.R.
Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 2 730

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742

CONTENT OF THE ISSUES PUBLISHED IN 2019 743

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 767

CALENDAR FOR 2020 786

ISSN 2075-8545 (online)
CA(pt) • CrossRef • DOAJ • EBSCO Publishing • ESCI Web of Science • EZB • OAJI • ProQuest
Readera • ResearchBib • ResearchGate • Scientific Electronic Library • Ulrich's Periodicals Directory

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал

СОДЕРЖАНИЕ

В НОМЕРЕ 606

С Новым, 2020 годом! 607

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 613

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал» – лауреат конкурса имени русского первопечатника Ивана Фёдорова 621

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

УДК 69.001.5+ 696.1+666.647

Кудрявцев П.Г.

Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть 1 623

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 640

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК: 697.97+614.844: 614.838

Белозеров В.В.

«Интеллектуальная» система вентиляции и кондиционирования воздуха в квартирах многоэтажных зданий и в индивидуальных жилых домах с нанотехнологиями защиты от пожаров и взрывов 650

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 667

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 622.692

Байков И.Р., Смородова О.В., Байбаков В.Р.
Моделирование гибкости нанокомпозитных трубопроводов 671

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 547.311+544.7+544.23+541.128

Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Низамов Р.К.
Наномодификация эпоксидных связующих 686

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695

УДК 678

Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Зарипов И.И., Мазитов Р.М., Канарейкин В.И.
Разработка новой ПВХ-композиции с пониженной горючестью 696

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705

ЛАУРЕАТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ И ВСЕРОССИЙСКИХ КОНКУРСОВ

Итоги Конкурса им. русского первопечатника Ивана Федорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской и научно-методической работам (монография, энциклопедия, учебник, учебное пособие, научный журнал) по результатам 2019 года 706

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 608; 69.001.5

Иванов Л.А., Разумеев К.Э., Бокова Е.С., Муминова С.Р. **Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть V** 719

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729

ЦЕМЕНТНЫЕ И ДРУГИЕ ВЯЖУЩИЕ С МИНЕРАЛЬНЫМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

УДК 622.245

Агзамов Ф.А., Исмагилова Э.Р. **Самозалечивающиеся цементы – ключ к сохранению герметичности крепи скважин. Часть 2** 730

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА, ВЫШЕДШИХ В 2019 ГОДУ 743

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 767

КАЛЕНДАРЬ НА 2020 ГОД 787

ISSUED WITH SUPPORT OF / ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING

РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

INTERNATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING

МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (CHINA)

УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ТЕХНОЛОГИЙ (КИТАЙ)

PUBLISHER INFORMATION

(Aims and scope; The first year of issue; Frequency; Topics of the papers, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access to the edition; Archiving; Journal production schedule)

The main aim of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» Nanobuild.ru is to provide information support for the process of invention and application in the world of science intensive technologies (mostly nanotechnological products) in construction, communal and housing services, joint areas (industry, power et al.).

The Main Tasks of the Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»:
1. Providing scientists and specialists from different countries with the opportunity to publish the results of their research and receive information about modern technologies and materials, high-performance equipment in construction, communal and housing services, joint areas (industry, power et al.).
2. Popularization of achievements of leading scientists, engineers, experts and researchers from different countries.
3. To provide information support and participate in the events (forums, conferences, symposia, workshops, exhibitions, round tables etc) devoted to nanoindustry and problems of application of nanoindustry in construction and housing and communal services, which are perspective and of great importance.

The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» Nanobuild.ru has been published since 2009 and its periodicity is 6 issues a year.

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

(цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания)

Основной целью электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» Nanobuild.ru является информационное обеспечение процесса создания и внедрения в мире наукоёмких технологий (прежде всего – нанотехнологической продукции) в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).

Основные задачи электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»:
1. Предоставление ученым и специалистам из разных стран возможности публиковать результаты своих исследований и получать информацию о современных технологиях и материалах, высокоэффективном оборудовании в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).
2. Популяризация достижений ведущих ученых, инженеров, экспертов и исследователей из различных стран.
3. Информационная поддержка и участие в мероприятиях (форумах, конференциях, симпозиумах, семинарах, выставках, круглых столах и т.д.) по наноиндустрии и прикладным вопросам нанотехнологий в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства, имеющих актуальное и перспективное практическое значение.

Электронное издание « Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» Nanobuild.ru издается с 2009 года, периодичность – 6 номеров в год.

The subject of the journal's articles is given in Appendix 2 (chapter «on the observance of publishing ethics by the editors of electronic edition «Nanotechnologies in construction: A scientific internet-journal» and the statement of prevarication absence»).

Every issue of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» contains the information about advanced materials and technologies which are already in use or are about to appear at the market in the near future. That is of great interest for many specialists.

Therefore the edition's readers and authors are:
- students, lecturers, post-graduates and people working for doctor's degree;
- scientists and specialists of research institutes and nanotechnological centers;
- heads and specialists of the institutions, organizations and factories from the sphere of construction and housing and communal services;
- scientists and specialists of the industries which are adjacent to construction;
- experts of the enterprise-producers manufacturing nanoindustrial output.

INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL (PUBLIC ADVISORY BODY)

Chairman of the international editorial council

Boris V. GUSEV – Editor-In-Chief of Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal», Corresponding Member of RAS, President of Russian Academy of Engineering and International Engineering Academy, Head of Department «Construction Materials and Technologies» Russian University of transport, Honored Scientist of RF, Laureate of USSR and RF State prizes, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Members of the international editorial council

Evgeny M. CHERNYSHOV – Full member of RAACS, Chairman Presidium of Central Regional Department of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Director of Educational Creative Academic Center «Archstroynauka» SUACE Department of Academic Scientific and Educational Cooperation, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Oleg L. FIGOVSKY – Full Member of European Academy of Science, Forein Member of RAE and RAACS, Editor-in-Chief of SITA, OCJ и RPCS, Director of «Nanotech Industries, Inc.» (USA), and Director of International Nanotechnological R&D

Тематика статей журнала приведена в Приложении 2 (раздел «о соблюдени редакцией электроного издания нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» издательской этики и заявление об отсутствии злоупотребления служебным положением»).

В каждом номере электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» публикуется информация о передовых материалах и технологиях, которые уже используются или должны появиться в ближайшее время, а это вызывает большой интерес у специалистов.

Поэтому авторами и читателями издания являются:
- студенты, преподаватели, аспиранты и докторанты вузов;
- ученые и специалисты научно-исследовательских институтов и нанотехнологических центров;
- руководители и специалисты учреждений, организаций и предприятий строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства;
- ученые и специалисты смежных со строительством отраслей;
- эксперты фирм-производителей продукции наноиндустрии.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ (ОБЩЕСТВЕНЫЙ КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ ОРГАН)

Председатель международного редакционного совета

ГУСЕВ Борис Владимирович – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», член-корреспондент РАН, президент РИА и МИА, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» Российского университета транспорта, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

Члены международного редакционного совета

ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович – академик РААСН, председатель Президиума Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук, директор образовательного творческого академического центра «Архстройнаука» Воронежского ГАСУ, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

ФИГОВСКИЙ Олег Львович – действительный член Европейской академии наук, иностранный член РИА и РААСН, главный редактор журналов SITA, OCJ и RPCS, директор компании «Nanotech Industries, Inc.», Кали-

Center «Polymate» (Israel), President of IAI, Chairman of the UNESCO Chair «Green Chemistry», USA, Israel

Zheng Y. FU – Chief Professor of the Wuhan University of Technology (China); Cheung Kong Scholar of the Ministry of Education of China; Academician of the World Academy of Ceramics; State Key Lab of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Wuhan University of echnology, China

Leonid A. IVANOV – Head of the Project «Nanobuild.ru», Chief Academic Secretary and Vice-President of the Russian Academy of Engineering and the International Academy of Engineering, Academician of RAE and IAE, PhD in Engineering, as a Guest Professor of Wuhan University of Technology (China), Member of the International Federation of Journalists, Russian Federation

Sergei V. KALIUZHNIY – Scientific Advisor of Chairman of Board «RUSNANO», Chief Scientist, Member of Board «RUSNANO», Doctor of Chemistry, Professor, Russian Federation

Evgeniy V. KOROLEV – Prorector for Education, Director of the Research and Educational Center «Nanotechnology», National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Adviser of RAACS, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Surendra P. SHAH – Walter P. Murphy Emeritus Professor of Civil and Environmental Engineering of Northwestern University, Ill., USA, Honorary Professor at the University of L'Aquilla, Italy, and Hong Kong Polytechnic University; Member of American National Academy of Engineering, Chinese Academy of Engineering, and Indian Academy of Engineering, USA

Vladimir Y. SHEVCHENKO – Director of Institute of Silicate Chemistry of Russian Academy of Sciences, Head of Scientific Council RAS on Ceramic and Other Non-metal Materials, Vice-Chair of Coordinating Council on Development of Nanotechnologies attached to the Committee of the Council of the Federation of the Federal Assembly of the RF on Science, Culture, Education, Medicine and Ecology, Member of RAS, Doctor of Chemistry, Professor, Russian Federation

Valeriy I. TELICHENKO – President of National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», 1st vice-president of RAACS, Academician of RAACS

форния (США), директор Международного нанотехнологического исследовательского центра «Polymate» (Израиль), зав. кафедрой ЮНЕСКО «Зелёная химия», президент Израильской Ассоциации Изобретателей, США, Израиль

ЭФУ Дженьги – ведущий профессор Уханьского технологического университета (Китай); лауреат премии Чонг Конг Министерства образования КНР; академик Международной академии керамики; Государственная главная лаборатория передовых технологий для синтеза и обработки материалов, Уханьский технологический университет (Китай)

ИВАНОВ Леонид Алексеевич – руководитель проекта «Nanobuild.ru», главный учёный секретарь и вице-президент Российской и Международной инженерных академий, академик РИА и МИА, кандидат технических наук, приглашенный профессор Уханьского технологического университета (Китай), член Союза журналистов Москвы, России и Международной федерации журналистов, Российская Федерация

КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович – советник Председателя Правления ОАО «РОСНАНО» по науке – главный ученый, член Правления ОАО «РОСНАНО», д-р хим. наук, профессор, Российская Федерация

КОРОЛЁВ Евгений Валерьевич – проректор МГСУ по учебной работе, директор НОЦ «Нанотехнологии» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, советник РААСН, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

Сурендра П. ШАХ – почетный профессор Северо-Западного Университета, Иллинойс, США; Университета Л'Акуила, Италия; Гонконгского политехнического университета; Действительный член Национальной инженерной академии США, Почетный член Инженерных Академий Китая и Индии (США)

ШЕВЧЕНКО Владимир Ярославович – директор Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, руководитель Научного совета РАН по керамическим и другим неметаллическим материалам РАН, заместитель председателя Координационного совета по развитию нанотехнологий при Комитете Совета Федерации ФС РФ по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии, академик РАН, д-р хим. наук, профессор, Российская Федерация

ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович – президент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, 1-й вице-пре-

Honored Scientist of RF, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Li D. XU – Foreign Member of Russian Academy of Engineering, Member of European Academy of Sciences, Ph.D., Fellow of IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), Founding Editor-in-Chief of the Journal of Industrial Information Integration, Eminent Professor of Information Technologies & Decision Sciences Department, Old Dominion University, USA

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Chairman of the international editorial board

Boris V. GUSEV – Editor-In-Chief of Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal», Corresponding Member of RAS, President of Russian Academy of Engineering and International Engineering Academy, Head of Department «Construction Materials and Technologies» Russian University of transport, Honored Scientist of RF, Laureate of USSR and RF State prizes, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Members of the international editorial board

Peter J.M. BARTOS – The Queen's University of Belfast, UK, Chair of RILEM Technical Committee TC 197-NCM on Nanotechnology in Construction Materials (2002–2009), former Head of Scottish Centre for Nanotechnology in Construction Materials (University of West Scotland), UK

Yury M. BAZHENOV – Head of Department «Binders and Concrete Technologies», Scientific Adviser of the Research and Educational Center «Nanotechnology» in National Research University «Moscow State University of Civil Engineering», Member of RAE, Academician of RAACS, Honored Scientist of RF, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Vyacheslav R. FALIKMAN – 1st vice-president of Structural Concrete Association, Academician of RAE, Regional Convener of International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM) in East Europe and Central Asia, Member of Technical Committee of American Concrete Institute ACI 241 «Nanotechnologies of Concrete», Professor of MSUCE, Doctor of Material Science and Engineering, Russian Federation

зидент РААСН, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

Шу Ли Да – иностранный член Российской инженерной академии, член Европейской академии наук, доктор философии, член Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), учредитель и главный редактор Журнала индустриальной информационной интеграции, профессор Отдела информационных технологий и науки принятия решений, Университет Олд Доминион (США)

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель международной редакционной коллегии

ГУСЕВ Борис Владимирович – главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», член-корреспондент РАН, президент РИА и МИА, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» Российского университета транспорта, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

Члены международной редакционной коллегии

Питер Дж. М. БАРТОШ – профессор Королевского Университета Белфаста (Великобритания), председатель Технического комитета по нанотехнологиям в строительных материалах РИЛЕМ (2002–2009 гг.), бывший руководитель Шотландского центра по нанотехнологиям в строительных материалах (Университет Западной Шотландии), Великобритания

БАЖЕНОВ Юрий Михайлович – заведующий кафедрой «Технологии вяжущих веществ и бетонов», научный руководитель НОЦ «Нанотехнологии» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, академик РИА, академик РААСН, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович – 1-й вице-президент ассоциации «Железобетон», академик РИА и МИА, уполномоченный Международного союза экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ) в странах Восточной Европы и Средней Азии, член технического комитета Американского института бетона ACI 241 «Нанотехнологии в бетоне», профессор Национального

Vadim G. KHOZIN – Head of Department «Technology of Construction Materials, Products and Structures», Kazan State University of Architecture and Engineering, Honoured Scientist of Russian Federation and the Republic of Tatarstan, Honoured Figure of Higher Education of RF, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

Leonid M. LYNKOV – Head of the Department «Information Security», Belarussian State University ofInformatics and Radioelectronics, Doctor of Engineering, Professor (Minsk, Belarus), Belarus

Polad MALKIN – Ph.D., Senior Researcher, Ben-Gurion University in the Negev, Foreign Member of Russian Academy of Engineering, Chief Executive Officer, «StartUpLab», Israel

Viktor S. MECHTCHERINE – Director of the Institute of Construction Materials, Chair of Construction Materials, Technische Universität Dresden, Professor, Doctor of Engineering, Germany

Pawel SIKORA – Ph.D., Assistant Professor, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland; Postdoctoral Researcher, Technical University of Berlin, Germany

Konstantin G. SOBOLEV – Head of Technical Committee of American Concrete Institute ACI 241 «Nanotechnologies of Concrete», Professor of University of Wisconsin-Milwaukee, USA

Larisa A. URKHANOVA – Head of Department «Production of Building Materials and Wares» East-Siberian State University of Technologies and Management, Doctor of Engineering, Professor, Russian Federation

THE EDITORS

Editor-in-Chief – **D. Eng., Prof. Boris V. GUSEV**
Executive Editor – **Yulia A. EVSTIGNEEVA**
Head of Design Department – **Andrey S. REZNICHENKO**
The Chief for Foreign Relations Ph.D. (Engineering) – **Svetlana R. MUMINOVA**

исследовательского Московского государственного строительного университета, доктор материаловедения, Российская Федерация

ХОЗИН Вадим Григорьевич – заведующий кафедрой «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций» Казанского государственного архитектурно-строительного университета, заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Татарстан, почетный работник высшего профессионального образования РФ, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

ЛЫНЬКОВ Леонид Михайлович – заведующий кафедрой «Защита информации» УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», д-р техн. наук, профессор (г. Минск, Беларусь), Беларусь

МАЛКИН Полад – старший научный сотрудник, Университет Бен-Гуриона в Негеве, д-р ф.-м. наук, иностранный член Российской инженерной академии, Генеральный директор, «StartUpLab», Израиль

МЕЩЕРИН Виктор Сергеевич – директор института строительных материалов Технического университета Дрездена, д-р техн. наук, профессор (Дрезден), Германия

СИКОРА Павел – кандидат наук, Западнопоморский технологический университет в Щецине (Польша), научный сотрудник Берлинского технического университета, Германия

СОБОЛЕВ Константин Геннадиевич – руководитель технического комитета Американского института бетона ACI 241 «Нанотехнологии в бетоне», профессор Университета Висконсин-Милуоки, США

УРХАНОВА Лариса Алексеевна – заведующая кафедрой «Производство строительных материалов и изделий» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, д-р техн. наук, профессор, Российская Федерация

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор – **д-р техн. наук, профессор ГУСЕВ Борис Владимирович**
Шеф-редактор – **ЕВСТИГНЕЕВА Юлия Анатольевна**
Начальник отдела дизайна и верстки – **РЕЗНИЧЕНКО Андрей Сергеевич**
Руководитель группы по внешним связям канд. техн. наук – **МУМИНОВА Светлана Рашидовна**

FOUNDER AND PUBLISHER

OOO «CNT «NanoStroitelstvo»
• Member of the Publishers International Linking Association, Inc. (PILA);
• Member of the Association of Scientific Editors and Publishers (ASEP).

The Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» is registered as an independent mass media in the Ministry of Communication and Mass Media of The Russian Federation. (Registration Certificate Эл № ФС77 – 35813 of 31 March 2009 issued by the Federal Service on Supervision in the Sphere of Connection and Mass Communications).

The Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in the list of peer-review journals in which the candidates for Ph.D. and Doctorate degree must publish the main results of their theses.

The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included: CA(pt) (USA); DOAJ (Sweden); EBSCO Publishing (USA); ESCI Web of Science (USA); EZB (Germany); OAJI (USA); ProQuest (USA); CrossRef (USA); ISSN 2075-8545 (France); Readera (Russia); ResearchBib (Japan); ResearchGate (USA); Scientific Electronic Library (Russia); Ulrich's Periodicals Directory (USA) et al. Each paper is assigned UDC, DOI, HTML-code.

PUBLICATION ETHICS

Editorial Council, Editorial Board and the editorial staff second the politics aimed at observance of ethical publishing principles and recognize that keeping track of observance of ethical publishing principles is one of the main components in reviewing and publishing activities. The main ethical principles of article publication and review are published in the journal (chapter «On the observance of publishing ethics by the editors of electronic edition «Nanotechnologies in construction: A scientific internet-journal» and the statement of prevarication absence») and at website **http//www.nanobuild.ru**.

The authors of the published materials are responsible for the reliability of the presented information and utilization of the data which are not to be published avowedly. The editors have the right to make corrections. The opinion of the editors can be different from the authors' opinions, the materials are published to discuss the up-to-date prob-

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО «ЦНТ «НаноСтроительство»:
• член Международной ассоциации по связям издателей (МАСИ);
• член Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ).

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

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» включено в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» включено в системы цитирования (базы данных): CA(pt) (США); DOAJ (Швеция); EBSCO Publishing (США); ESCI Web of Science (США); EZB (Германия); OAJI (США); ProQuest (США); CrossRef (США); ISSN 2075-8545 (Франция); Научная электронная библиотека (Россия); Readera (Россия); ResearchBib (Япония); ResearchGate (США); Ulrich's Periodicals Directory (США) и другие. Каждой научной статье присваиваются УДК, DOI, а также HTML-код.

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ЭТИКА

Редакционный совет, редакционная коллегия, коллектив редакции поддерживают политику, направленную на соблюдение принципов издательской этики, и признают, что отслеживание соблюдения принципов издательской (редакционной) этики является одной из главных составляющих рецензирования и издания. Основные этические принципы публикации статей и рецензирования опубликованы в журнале (раздел «О соблюдении редакцией электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: Научный интернет-журнал» издательской этики и заявление об отсутствии злоупотребления служебным положением») и на сайте издания **http//www.nanobuild.ru**.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений и использование данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция оставляет за собой право вне-

lems. The editors are not responsible for the content of advertisement.

Any full or partial reprinting of the materials is possible only with editors' written permission.

сения 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 (R).

Любая перепечатка материалов полностью или частично возможна только с письменного разрешения редакции.

CONTACTS

Address: Russian Federation, 125009, Moscow, Gazetny per., bld. 9, str. 4
Internet: http//www.nanobuild.ru
E-mail: info@nanobuild.ru

ARCHIVING

Articles from the journal (article metadata) are available in open access:

- on the website of the electronic publication «Nanotechnology in construction: scientific online magazine», link – http://nanobuild.ru/en_EN/archieve-of-issues/;
- in the full-text database of open-access scientific journals Open Academic Journals Index (OAJI), link – http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931;
- on the website of the scientific electronic library, link – http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1568760;
- in the database of scientific journals Directory of Open Access Journals (DOAJ), link – https://doaj.org/, next – the journal is searched «Nanotehnologii v Stroitel'stve»;
- in the database of scientific journals ResearchBib, link – http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2075-8545;
- on the Internet resource of scientists of all scientific disciplines ResearchGate, link – https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- in the international scientific base Readera – https://readera.ru/nanobuild;
- in other citation systems (databases).

That allows scientists and specialists all over the world to study journal's materials and to use them in their work as well as to cite them.

КОНТАКТНЫЕ ДАНЫЕ

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

АРХИВИРОВАНИЕ

Статьи из журнала (метаданные статей) размещаются в «открытом доступе»:

- на сайте электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», ссылка – http://nanobuild.ru/ru_RU/, далее – раздел «Архив номеров»;
- в полнотекстовой базе данных научных журналов открытого доступа Open Academic Journals Index (OAJI), ссылка – http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931;
- на сайте Научной электронной библиотеки, ссылка – http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1568760;
- в базе научных журналов Directory of Open Access Journals (DOAJ), ссылка – https://doaj.org/, далее – осуществляется поиск журнала «Nanotehnologii v Stroitel'stve»;
- в базе данных научных журналов ResearchBib, ссылка – http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2075-8545;
- на интернет-ресурсе учёных всех научных дисциплин ResearchGate, ссылка – https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- в научной международной базе Readera – https://readera.ru/nanobuild;
- в других системах цитирования (базах данных).

Это позволяет ученым и специалистам во всем мире свободно знакомиться с материалами журнала и использовать их в своей деятельности, в т.ч. цитировать в своих статьях.

MINIMAL SYSTEM REQUIREMENTS TO ACCESS THE EDITION / 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).

JOURNAL PRODUCTION SCHEDULE IN 2019 / ГРАФИК ИЗДАНИЯ В 2019 ГОДУ

№№ №№ п/п	Papers submission deadline Окончание приема материалов от авторов	Editing, proof-reading, layout, agreement Редактирование, корректура, верстка, согласование	The approval of the issue by the Editor-in-Chief Подписание номера главным редактором	Website publication Опубликование на сайте	Note Примеч.
2019, Vol. 11, № 1 2019, Том 11, № 1	25.01.19	05.02.19	08.02.19	05.03.19	
2019, Vol. 11, № 2 2019, Том 11, № 2	12.04.19	22.04.19	26.04.19	15.05.19	
2019, Vol. 11, № 3 2019, Том 11, № 3	27.05.19	31.05.19	05.06.19	25.06.19	
2019, Vol. 11, № 4 2019, Том 11, № 4	05.08.19	14.08.19	19.08.19	28.08.19	
2019, Vol. 11, № 5 2019, Том 11, № 5	05.10.19	24.10.19	27.10.19	11.11.19	
2019, Vol. 11, № 6 2019, Том 11, № 6	15.12.19	20.12.19	23.12.19	30.12.19	

Issue 2019, Volume 11, № 6 approved on 23.12.2019

Номер 2019, Том 11, № 6 подписан 23.12.2019 г.

Electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» is a laureate of Prize of Printing Pioneer Ivan Feyodorov

On the 27th of November 2019 Moscow held the meeting of Presidium of All-Russian public organization «Russian Academy of Engineering» at which the results of Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov for the best research and methodical works (monograph, coursebook, encyclopedia and journal) in 2019 were summarized.

The suggestions of the experts that took part in Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov were reviewed and the following decision was taken:

1. To give the title of laureate of Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov and to award medal and diploma to:

Electronic edition
«NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal»

РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

Диплом

РЕШЕНИЕМ ПРЕЗИДИУМА РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ
Протокол № 66 от 27 ноября 2019 г.

Интернет-журналу «Нанотехнологии в строительстве»

ПРИСВОЕНО ЗВАНИЕ ЛАУРЕАТА КОНКУРСА ИМЕНИ
Первопечатника Ивана ФЁДОРОВА

Председатель
Орг. Комитета
Б.В. Гусев

The Editors, Editorial Council and Editorial Board of the electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» congratulate authors and readers on this victory! We wish health, prosperity, fortune, new achievements to everyone and we hope for future cooperation!

Электронное издание «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал» – лауреат конкурса имени первопечатника Ивана Фёдорова

27 ноября 2019 года в Москве состоялось заседание Президиума Общероссийской общественной организации «Российской инженерной академии», на котором подведены итоги Конкурса им. первопечатника Ивана Фёдорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской и научно-методической работам (монография, энциклопедия, учебник, учебное пособие, научный журнал) по результатам 2019 года.

Рассмотрены предложения экспертов Конкурса им. первопечатника Ивана Фёдорова и членов Президиума Российской инженерной академии и принято решение:

I. Присвоить звание Лауреата конкурса им. первопечатника Ивана Фёдорова с награждением медалью и дипломом:

Электронному изданию
«НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал»

РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

Диплом

РЕШЕНИЕМ ПРЕЗИДИУМА РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ
Протокол № 66 от 27 ноября 2019 г.

Интернет-журналу «Нанотехнологии в строительстве»

ПРИСВОЕНО ЗВАНИЕ ЛАУРЕАТА КОНКУРСА ИМЕНИ
Первопечатника Ивана ФЁДОРОВА

Председатель Орг. Комитета — Б.В. Гусев

Редакция, редакционный совет и редакционная коллегия электронного издания «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал» поздравляют авторов и читателей с победой в конкурсе! Желают всем здоровья, благополучия, удачи, новых побед и надеются на дальнейшее сотрудничество!

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639
UDC 69.001.5+ 696.1+666.647

Properties of porous heat-resistant composition materials. Part I

Author:

Pavel G. Kudryavtsev,
Professor, PhD in Chemistry, Deputy Director for Research and Development Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center (Israel), POBox 73, Migdal HaEmek 2310001, Israel,
e-mail: pgkudr89@gmail.com

Abstract: This article is a continuation of a series of articles on the production of porous composite nanomaterials. This paper presents an overview of the properties of porous, heat-resistant inorganic composite materials. The physicochemical and mechanical characteristics of various porous refractory materials produced industrially are presented. A separate class of materials with a regular and quasi-regular porous structure is considered. Such materials include the so-called cellular or «lattice» materials, that are becoming widely applied in modern industry. An example of such materials is ceramic foam – a sintered ceramic material with a foamy cellular structure. A special group of materials with opal pore structure has been also focused. Synthetic opals have received intensive development in recent years because they are model objects for the development and research of new spatial-periodic structures with nonlinear optical properties. Such structures include composites based on classical and inverted opals, in which the pores are filled with various dielectric, semiconductor, or metallic substances. The optical properties of these systems are determined by the size of the close-packed particles, as well as the dielectric constant of the components.

Keywords: porous materials, heat-resistant materials, cellular materials, opal structures.

For citation: Kudryavtsev P.G. Properties of porous heat-resistant composition materials. Part I. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 623–639. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

Properties of porous heat-resistant composition materials. Part I. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 623–639. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Kudryavtsev P.G. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="pgkudr89@gmail.com" rel="cc:morePermissions">pgkudr89@gmail.com.

The paper has been received by editors: 05.11.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 20.11.2019.
The paper has been accepted for publication: 24.11.2019.

Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть I

Автор:

Кудрявцев Павел Геннадьевич,
проф., к.х.н., зам. директора по научно-исследовательской работе Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center (Израиль), POBox 73, Migdal HaEmek, Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center, 2310001, Израиль, e-mail: pgkudr89@gmail.com

Резюме: Данная статья является продолжением серии статей, посвященных получению пористых композиционных наноматериалов. В этой работе представлен обзор свойств пористых термостойких неорганических композиционных материалов. Представлены физико-химические и механические характеристики различных пористых огнеупорных материалов, выпускаемых промышленно. Рассмотрен отдельный класс материалов с регулярной и квазирегулярной пористой структурой. К таким материалам относятся так называемые ячеистые, клеточные или «решеточные» материалы, которые находят растущее применение в современной промышленности. Примером таких материалов является пенокерамика – спеченный керамический материал с пенной ячеистой структурой. Отдельно рассмотрена специальная группа материалов, обладающих опаловой поровой структурой. Синтетические опалы получили интенсивное развитие в последние годы в связи с тем, что они являются модельными объектами для разработки и исследования новых пространственно-периодических структур, обладающих нелинейными оптическими свойствами. К таким структурам относятся композиты на основе классических и инвертированных опалов, в которых поры заполнены различными диэлектрическими, полупроводниковыми или металлическими веществами. Оптические свойства этих систем определяются размером плотноупакованных частиц, а также диэлектрическими проницаемостями компонентов.

Ключевые слова: пористая материалы, термостойкие материалы, ячеистые материалы, опаловые структуры.

Для цитирования: Кудрявцев П.Г. Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 623–639. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

Properties of porous heat-resistant composition materials. Part I. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 623–639. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Kudryavtsev P.G. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="pgkudr89@gmail.com" rel="cc:morePermissions">pgkudr89@gmail.com.

Статья поступила в редакцию: 05.11.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 20.11.2019.
Статья принята к публикации: 24.11.2019.

INTRODUCTION

This article is a continuation of our series of articles devoted to the production of porous composite nanomaterials. In our previous work [1], the analysis of the main types of porous heat-resistant materials was carried out. Comparison of various chemicals with the highest thermal stability and refractoriness was carried out, which made it possible to choose the objects that are most suitable for creating the corresponding composite materials. In [2, 3], an analysis was made of the structure of pores in solid porous solids. In this work, we tried to illuminate the properties of the main porous heat-resistant materials manufactured industrially. The first review devoted to such materials was released a long time ago and was devoted only to porous structural ceramics [4]. In this paper, we examined not only structural ceramics, but also functional porous materials.

Advanced porous ceramics is widely used to solve several environmental, biological and technical problems facing modern industrial technology. Ceramic materials have many advantages over other materials such as polymers or metals. They have such unique properties as hardness, wear resistance, chemical inertness, resistance to thermal shock and corrosion. The low density of such materials is a quality that is necessary for many practical applications.

To date, many different types of porous refractory materials have been developed. Industrial heat-shielding materials [4, 6–8] are classified by volume weight (kg/m^3) per brand (15÷700). The coefficient of thermal conductivity for high-performance materials is in the range 0,01÷0,15 W/m • K, for low-efficiency materials up to 0,25 W/m • K.

A large group of them is occupied by foam-like materials obtained by introducing into the initial charge pore-formers [9–11] or by burning out one of the components of the charge [8, 12, 13]. All these materials are characterized by a sufficiently high density from 0.5 to 1.5 g/cm^3 and, correspondingly, low porosity and high thermal conductivity. A wide class of materials is known which is obtained by burning spherical powders of refractory oxides in which the porosity is achieved by adjusting the nature of the contacts and the packing density of the particles in the material. However, in this way, dense compositions with a specific gravity of 1÷2 g/cm^3 are obtained [5]. At the same time, the production of spherical powders is a complex problem requiring the use of low-temperature plasma.

Higher values, in comparison with these materials, are based on various inorganic microspheres and mineral fibers. For compositions based on microspheres, a sufficiently high strength is characteristic, up to 10 MPa at a density of 0.35÷0.4 g/cm^3 [7, 14, 15]. However, the technique of obtaining hollow microspheres is complicated, requiring the use of the process of blowing the melt of the formed oxide in strictly defined hydrodynamic parameters.

The most promising in terms of production are fibrous materials, since high-porosity compositions are created on their basis. A method for manufacturing refractory insulation from fibers is known. The fibers in this method are treated with aqueous solutions of chromium salts $Cr(OH)SO_4$ and $CrCl_3$ using NaOH and KOH precipitators [16]. The disadvantages of this material include the presence in its structure of ions of alkali metals, leading to a significant reduction in heat resistance as a result of the formation of fusible eutectics.

For example, in a number of refractory industries in Russia such types of lightweight heat-insulating refractory products as SHL-1,3, SHL-1,0 and SHL-0,4 are manufactured. In addition to these products, the refractory heat-insulating glass-fiber mullite-siliceous material of the MKRR-130 brand is produced [17]. Based on it, mullite-siliceous slabs are produced on an organic binder of the brand MKRP-340 and grade MKR1M-500 on a clay binder [17]. But these materials have a drawback – the presence of an organic binder leads to a significant decrease in their heat resistance and the appearance of a large volume of decomposition products of organic matter during operation.

The greatest successes in obtaining lightweight refractory materials were achieved in the United States as a result of the development of production and flight tests of the thermal protection system of the reusable space shuttle "Space shuttle". Firm Rockwell International produced tiles from ceramic fiber of two types LI-900 with a density of 0.144 g/cm^3 [18]. Lockheed for the Apollo spacecraft developed the LI-1500 heat-shielding material with a density of 240 kg/m^3. In the future, as a result of studies to improve the characteristics of the LI-1500 material, the focus was on the chemical composition of the fiber, which led to the creation of silica fibers of high purity and an increase in the thermal stability of the LI-1500 material. Thanks to new fibers and improved processing methods, which changed their orientation, placing the binder component in the composite structure, a new heat-protective material LI-900 was created.

Based on the alumina-borosilicate fibers of Nickel 312 and the micro-quartz by the Research Center Ames has developed a new FRCI material with a few new properties [33].

1. Physico-chemical characteristics of porous refractory materials

The physicochemical characteristics of highly porous refractory materials have been studied in detail for the FRC1 material developed by Lockheed and its laboratory. Ames [19] FRC1 is built from two types of fibers.

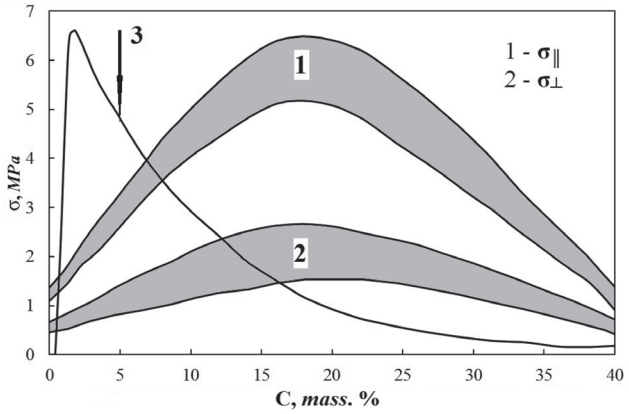


Fig. 1. **Dependence of the ultimate strength on the FRCI bend (ρ = 0.32 g/cm³). 3 – content of cristobalite (%). C – Content of the ABC fiber Nextel-312 (Thick Fiber), wt. %**

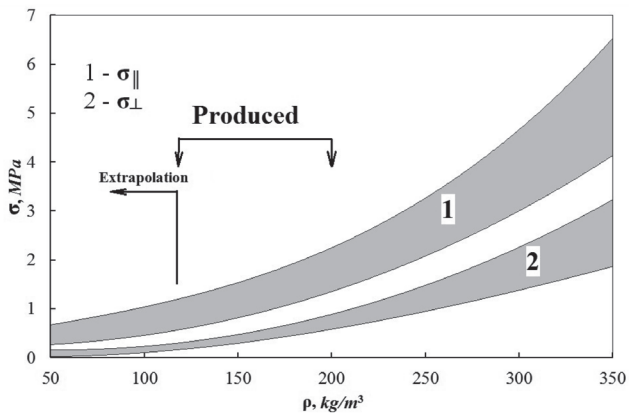


Fig. 2. **Dependence of the FRCI-20 tensile strength on the break from the density**

The first type of fiber is Alumina-borosilicate Nickel 312 from Manning, 11 microns in diameter and 0.31 cm long. The second type of fiber is a microsquartz of Johns Manville, 1÷3 μm in diameter. The relative strength of FRC1 material, characterized by the bending strength in directions parallel or perpendicular to the orientation of the fibers, is shown in Fig. 1. The maximum strength is achieved at 20% of the Alumina-borosilicate fiber content of Nickel Steel 312. Figure 9 also shows the stability of the morphology of the resulting material structure, characterized by the content of cristobalite after aging at 1370°C for 4 hours.

Fig. 2 shows the dependence of the tensile strength on the density value for the FRCI-20 material. At a density of 0.19 g/cm3, the tensile strength in the direction of greatest strength or orientation of the fibers is 18.5÷17.6 kg/cm² and when stretched in the direction of the least strength or perpendicular to the orientation of the fibers, 5.0÷9.8 kg/cm² (see Fig. 3). The elongation at failure is 0.38–0.53%, respectively, when stretched parallel to the orientation of the fibers and 0.7 to 0.9% when stretched perpendicular to the orientation of the fibers (Fig. 3) [19].

The FRCI-20 material was investigated at the Institute of Strength Problems [20]. The stress-strain-strain diagrams, the strength and elastic characteristics of the material were obtained in a wide temperature range from 20 to 1000°C for various types of loading. Figure 4 shows examples of loading diagrams.

It can be seen from these examples that when loads of samples are observed, disruption of loads with a further increase in the load is observed. Apparently during the test, the material is destroyed not simultaneously, but consistently, by breaking the individual bonds between the individual bonds. That is, the external load applied to the entire section of the sample is compensated by the resistance not of the entire cross section at the same time, but of individual bonds, individual fibers, separate

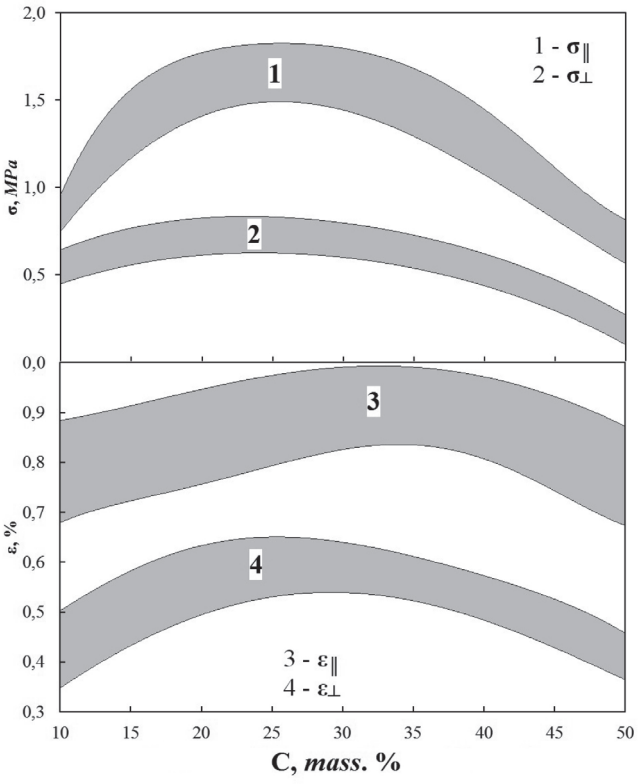


Fig. 3. **Dependence of the ultimate strength and minimum elongation at tension (ρ = 0.19 g/cm³)**

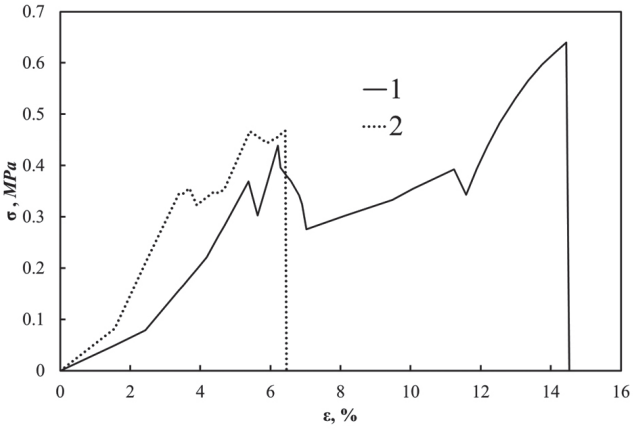


Fig. 4. **Diagrams σ–ε when testing the material for tension.**
1 – Test temperature of 800°C;
2 – Test temperature of 1000°C

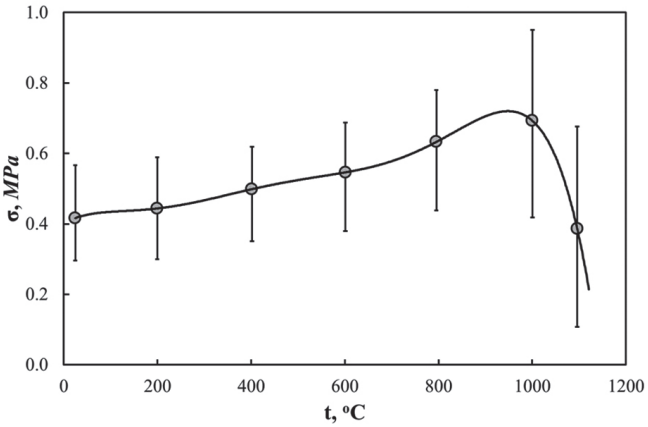


Fig. 5. **Dependence of FRCI tensile strength on test temperature**

layers of material. And so, it continues until all fibers of communication are dragged down in a pattern.

Fig. 5 is a graph of the strength of the FRCI material versus the temperature of the tensile test [20]. It shows that as the test temperature rises, there is a tendency to increase the strength of the material. With increasing temperature, the reaction of welding fibers at the points of contact increases, and the number of such strong bonds increases. Besides, self-healing of the defects of the fibers themselves occurs, which also increases their strength properties.

When testing the material for compression, the deformation diagram had the form of Fig. 6. By the form of the diagram, it can be concluded that under the influence of stresses, the block of fibers is overloaded, they are destroyed – the load falls off in the diagram. Then the load continues to grow and the cycle repeats until destroyed. The selection of heat-shielding materials is usually performed according to their thermal conductivity.

Variable thermal conductivity is a function of parameters such as temperature, bulk density, porosity, pore size, radiation properties of the material, composition of the solid phase, composition of the gas phase, etc.

The dependence on the bulk mass passes, as we know, through a minimum [21]. Its relative value increases with increasing temperature. This is true for all kinds of materials, both cellular and fibrous.

Dependence of the thermal conductivity on the magnitude and type of pores with decreasing pore size also reduces the variable thermal conductivity. Thermophysical properties of materials are affected by the nature of scattering and absorption by particles within the structure of the material. Radiation properties of materials depend on the chemical and mineralogical composition, the structure of the material, on the nature of the contact of the particles, and their morphology. For example, a high SiO_2 content has a positive effect on the decrease in thermal conductivity in SiO_2–Al_2O_3 systems at elevated temperatures.

Thermophysical characteristics of reusable heat-shielding materials developed within the framework of the "Space shuttle" program are presented in Table [7, 22].

With increasing thermal stresses, the safety of the heat-shielding material can be ensured by an appropriate coefficient of thermal expansion. In this respect, materials based on mullite can be subjected to much higher loads than materials based on SiO_2.

The most critical parameter of heat-shielding material is thermal conductivity. The values of the thermal conductivity coefficients of FRCI thermal protection materials range from 0.2 to 1.5 W/m•deg. And with a decrease in fiber diameter, the coefficient of thermal conductivity decreases. Fibers of smaller diameter promote the formation of substantially smaller pores in the material, which leads to a decrease in convective and radiant heat transfer.

2. Materials with a regular and quasiregular porous structure.

Materials with a regular or quasi-regular structure are the so-called cellular, cellular or «lattice» materials.

An example of such materials is a foam ceramic – a sintered material on a mineral basis with a foam-like structure. The structure of the material consists of air bubbles (or another gas), surrounded by thin shells, forming a kind of skeleton. Foam ceramic is usually obtained based on highly disperse mineral powders and liquid foams. Such foams are colloidal systems with a liquid

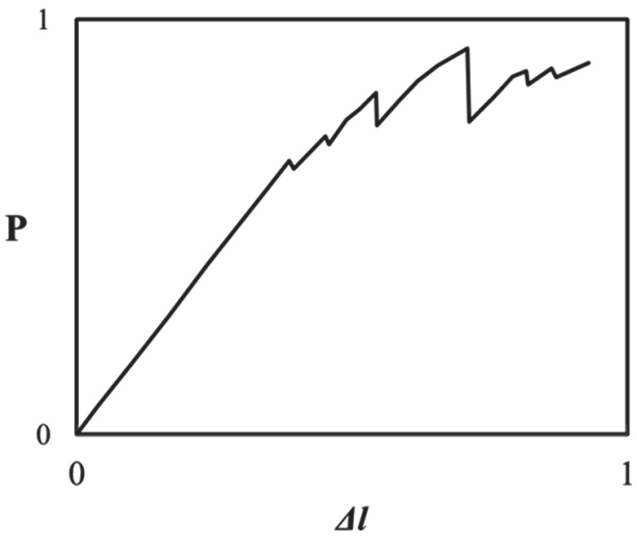


Fig. 6. **Typical FRCI material deformation diagram for compression**

interface, the dispersion medium is a liquid, and the dispersed phase is a gas in the form of bubbles separated from each other by fluid films.

The structure of these materials is a lattice of a coherent network of racks. In the language of construction equipment, a lattice truss or a spatial frame means an array of racks articulated and rigidly connected, usually from one of the traditional building materials: wood, steel, or aluminum. Their purpose is to create a rigid, sturdy load-bearing structure, using as little material as possible, while ensuring its minimum weight. The word "lattice" is also used in other contexts: in the language of crystallography, for example, the lattice is a hypothetical grid of connected lines with three-dimensional translational symmetry. The intersections of lines determine atomic objects in a crystal; the elementary cell and the symmetry elements of the lattice characterize the class of crystals.

Here we deal with lattice, cellular or cellular materials. As engineering farms and frames, they consist of a bounded array of struts or plates, and, as in the crystal lattice, they are characterized by a typical cell with certain symmetry elements; some of which, but not all, have translational symmetry. But lattice materials differ from engineering grids in one important respect, namely on a scale. Elementary cells of lattice materials are measured in millimeters or micrometers, and this is what allows them to be considered both as a structure and as a material. On the one hand, they can be analyzed using classical methods of mechanics, just as any spatial frame is analyzed. On the other hand, it is necessary to think about the lattice not only as a set of connected racks, but also as a «material» in itself, with its own set of specific properties. This allows it to be directly compared with the same, but monolithic materials.

Historically, foams represent a certain subset of lattice-structured materials, and they were studied long before, but attention was focused on gratings of other types. Early studies assumed that the foam properties linearly depend on the relative density $\tilde{\rho}/\rho_s$ (ie, the volume fraction of the solid in the material), but for most foams this is not the case. A clear understanding of their mechanical properties of foams began to appear after 1970, the ambassadors of the appearance from the works [23, 24]. Since then, a complete understanding of the mechanical, thermal and electrical properties of foams has been achieved. These ideas have been successfully applied to ceramic foam [25–34]. Recent achievements in this field were reflected in the generalized monograph [35].

Table
Thermophysical characteristics of heat-resistant materials of repeated use of FRCI type [22]

Characteristics	Thermal protection material	
	based on SiO_2	based on mullite
Coefficient of thermal expansion, K^{-1} – heat-protection tiles – protective coatings	 $0.5 \cdot 10^{-6}$ $0.7 \cdot 10^{-6}$	 $5.0 \cdot 10^{-6}$ $5.0 \cdot 10^{-6}$
Specific mass heat capacity cal/g•deg	0.24	0.25
Coefficient of total reflection of the protective coating	0.9	0.7÷0.85
Temperature limit at which zero strength is achieved, °C – heat-protection tiles – protective coatings	 1260 1100	 1260 750÷1240

One of the key facts is that deformations in most foams, whether with open or closed pores, flexural-dominant – a term that is explained in more detail below. The consequence of this is that their rigidity and strength (at a given relative density) falls well below the levels that would be expected for structures with a predominance of tensile stresses, of which the fully triangulated lattices are a typical representative. To give an idea of what is the difference, let us compare the grids with a low level of connectivity, a typical example of which are foams, with a relative density of 0.1 (this means that the solid walls of the cells occupy 10% of the volume).

Such structures are less rigid than structures with a predominance of tensile stresses, which are triangulated lattices, with the same relative density. In this section, we consider the essential features of both structures, with both the prevalence of bending stresses and tensile stresses, using dimensional methods to arrive at simple approximate similarity laws for mechanical, thermal, and electrical properties.

Fig. 7 shows an image of ceramic foam with open pores. It represents one of the classes of lattice-structured materials. It consists of pillars connected in knots. For this class is characteristic low connectivity of nodes (the average number of racks that connect in one node).

Fig. 8 shows the idealization of a unit cell of a similar structure. It consists of solid bridges surrounding an empty space containing gas or liquid.

The lattice-structured materials are often called cellular solid substances. They are characterized by relative density, which (for $t \ll L$) for the structure shown here has the form:

$$\frac{\tilde{\rho}_o}{\rho_s} = \frac{7}{4}\left(\frac{t}{L}\right)^2 - \left(\frac{t}{L}\right)^3 \propto \left(\frac{t}{L}\right)^2. \quad (1)$$

Where $\tilde{\rho}_o$ is the density of the foam, ρ_s is the density of the solid from which it was made, L is the cell size, and t is the thickness of the cell edges. The role of the cubic term in expression (1) becomes significant for $t/L > 0.15$. Yes, and this model itself has strict limitations, and has a physical meaning only in the range $t/L < 0.5$. That is, when the thickness of the bridge is less than one-half the length of the cubic part of the cell. The dependence of the relative density $\tilde{\rho}_o/\rho_s$ on the ratio t/L is shown in Fig. 9. For comparison, the graph of the quadratic term of equation (1) is given in this figure (curve 2).

Materials with a lattice structure in which there is a low connectivity of the posts, as depicted in Fig. 7 and 8, have low rigidity, since the configuration of the edges of their cells allows them to bend. There may be other configurations in which the edges of the cell are made in such a way that, instead of bending, a stretching is observed in their structure. This assumption leads to the idea of lattice constructions built from micro-truss.

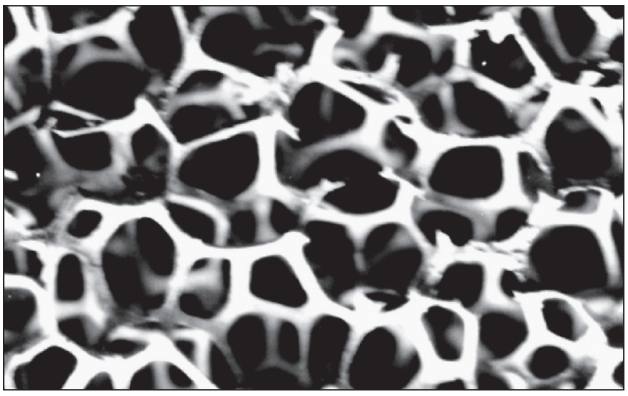


Fig. 7. **An enlarged image of a typical cell structure represented in Figure 2. The topology of the cells is constructed in such a way that the cellular edges are bent, in the presence of an external load on the structure. Even when the cells are closed, bending deformations are predominantly observed, this is because the thin sides of the cells bend easily enough**

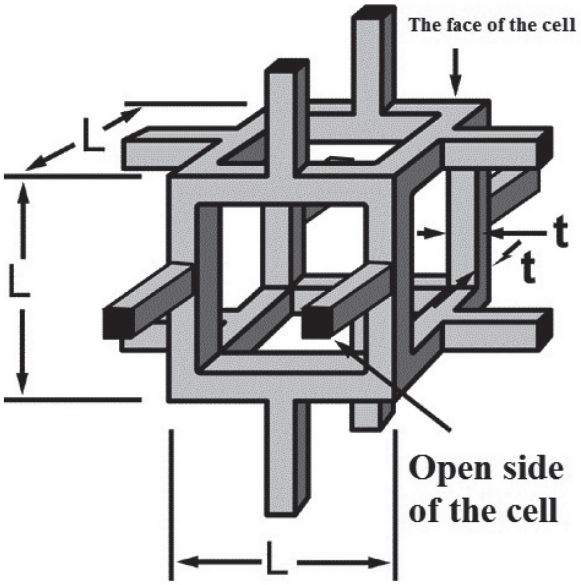


Fig. 8. **Idealized cells in open-cell foam**

To understand this, it is necessary to use Maxwell's stability criterion, which is a simple but deeply fundamental rule [36]. As follows from the laws of mechanics, in order to determine the stability of a system of beams and a truss, they must be statically as well as kinematically definable at least in two dimensions, i.e. this means: to be rigid and not folding, being loaded.

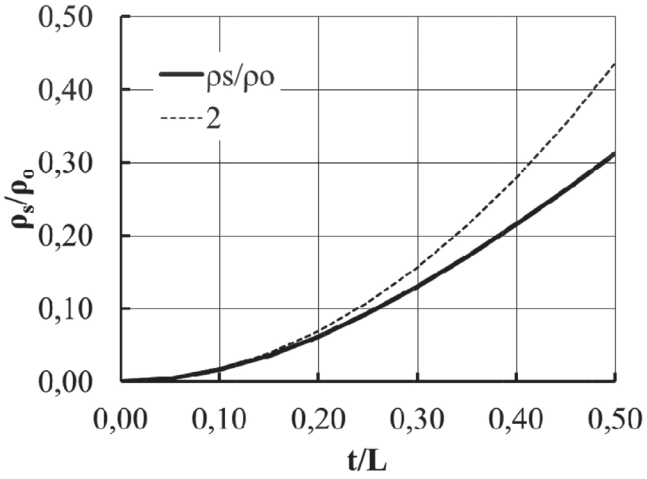


Fig. 9. **Dependence of the relative density $\tilde{\rho}_o/\rho_s$ on the ratio t/L and the magnitude of the quadratic term of Eq. (1) (curve 2)**

Thus, for a truss with nodal joins (i.e. which are hinged at their nodes) consisting of b columns and j nodes without friction, such as those shown in Fig. 10, is the expression:

$$M = b - 2j + 3 = 0. \quad (2)$$

For the case of three dimensions, the equivalent equation is:

$$M = b - 3j + 6 = 0. \quad (3)$$

If $M < 0$, as shown in Fig. 10a, the frame is a mechanism that has one or more degrees of freedom in those directions that allow appropriate displacements, while it does not have stiffness or strength. If its nodes are locked (as we are considering lattice constructions), the frame bars bend when the structure is loaded, as shown in Fig. 11.

If $M = 0$, as shown in Fig. 10b, the frame ceases to be a mechanism. If it is loaded, its elements experience tensile or compressive stresses (such a situation is observed even in the case of articulation), and it becomes a structure with a predominance of tensile stresses. Blocking junctions in this case changes little, because the lace structures are much more rigid when stretched than when bending. Here the basic principle operates: the structural efficiency of structures with a predominance of tensile stresses is high; in turn, for flexural-dominant structures it is low.

To understand the mechanical behavior of such structures, an additional concept of the internal stress state introduced in Fig. 10c was introduced in [35]. This is a structure with $M > 0$. If the vertical pillar is shortened, it pulls the other pillars into a compression state, which is balanced by the tension that it creates.

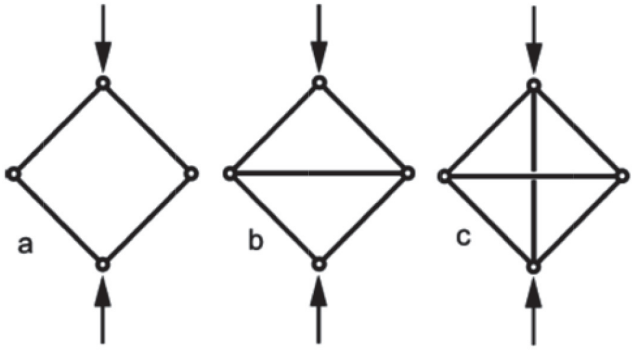


Fig. 10. **a) Articulated frame, which folds under load, is a mechanism. If its connections are rigid, they are welded together, bends of the pillars (as in Fig. 11) occur – it becomes a flexural-dominant structure.**

b) A rigid triangulated frame in the case of loading, since the transverse strut experiences stress – it is a stretched-dominant structure.

c) A frame with an additional restriction; if the horizontal band is shortened, then in the vertical there is a voltage, even if there are no external loads (gives the state of internal voltage)

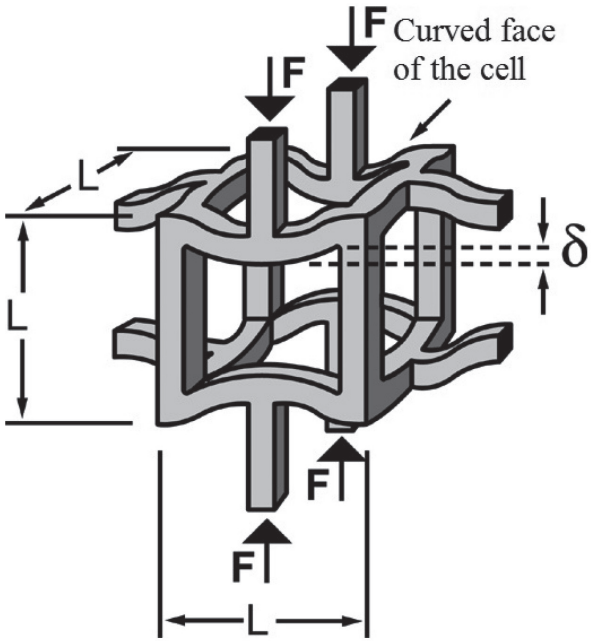


Fig. 11. **Schematic behavior of a loaded structure with low connectivity. There is a bending of the cell edge, thus providing a low modulus of elasticity. δ is the strain value**

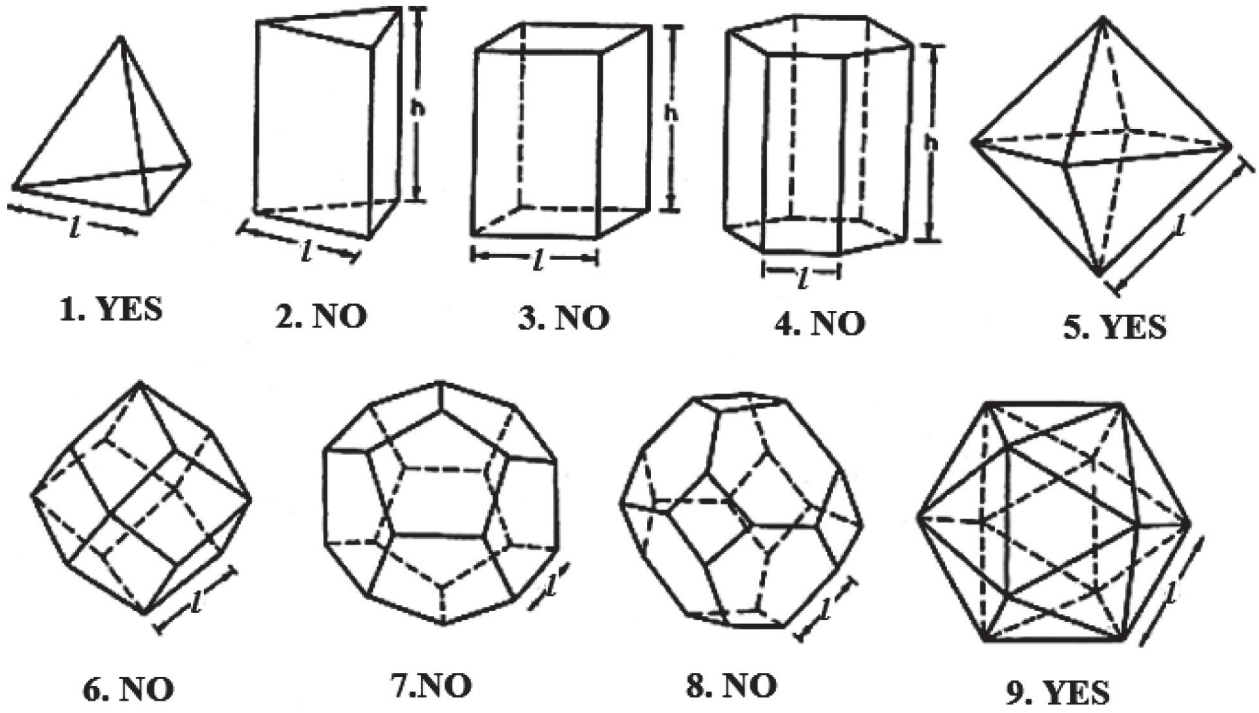


Fig. 12. **Polyhedral cells. Cells that, when filling a space, have $M < 0$ (2–4, 6–8), are structures with a predominance of bending stresses [35]**

The racks in this structure are in a stressed state, even if there are no external loads on the entire structure. The criteria for equations (2) and (3) are necessary conditions for the rigidity of the construction, but are not generally enough conditions, since they do not consider the possibilities of states of internal stress and the state of the mechanism. A generalization of Maxwell's rule in three dimensions is given in [37]:

$$M = b - 3j + 6 = s - m, \quad (4)$$

where s and m are the number of states of internal stresses and mechanisms, respectively. Each of them can be determined by finding the rank of the equilibrium matrix describing the frame in the complete structural analysis [38]. Simply – a rigid frame (for a lattice that is statically and cinematically determinable) has $s = m = 0$. The nature of Maxwell's rule as a necessary but not enough condition is clear from an analysis of equation (4). Zero on the left side means only that the number of mechanisms and states of internal stress are equal, and not that each of them is zero.

The Maxwell criterion gives an idea of the design of lattice materials and shows why foams almost always produce materials with a predominance of bending stresses [39–41]. Examples of some idealized cell forms are shown in Fig. 12. Isolated cells that satisfy the Maxwell criterion and are rigid are labeled «YES», while «NO» means that the Maxwell condition is not satisfied, and that this cell is a mechanism. In this case, as a rule, it is assumed that a suitable model for the cell in the foam corresponds to approximately filling the volume of material with cells of a given spatial shape. Nevertheless, the structures obtained when filling the space with forms are indicated by the numerals 2, 3, 4, 6 and 8, are not rigid.

In addition, none of the cells represented in the form of polyhedra filling the space have $M \geqslant 0$. Among the forms of cells filling the space, there are combinations for which $M = 0$; for example, tetrahedron and octahedron, which in combination with each other, during space filling, and allow to form a rigid base.

The Maxwell criterion provides an analytical approach to the design of lattices with the predominance of tensile forces in their structure.

ВВЕДЕНИЕ

Данная статья является продолжением серии наших статей, посвященных получению пористых композиционных наноматериалов. В предыдущей работе [1] был проведен анализ основных типов пористых термостойких материалов. Проведено сравнение различных химических веществ, обладающих наибольшей термостабильностью и огнеупорностью, что позволило выбрать объекты, в наибольшей степени подходящие для создания соответствующих композиционных материалов. В работах [2, 3] проведен анализ структуры пор в твердых пористых твердых телах. В этой работе мы постарались осветить свойства основных пористых термостойких материалов, выпускаемых промышленно. Первый обзор, посвященный подлобным материалам, был выпущен уже давно и был посвящен только пористой конструкционной керамике [4]. В данной работе мы рассмотрели не только конструкционную керамику, но и функциональные пористые материалы.

Передовая пористая керамика широко используется для решения целого ряда экологических, биологических и технических проблем, стоящих перед современной промышленной технологией. Керамические материалы обладают многими преимуществами по сравнению с другими материалами, такими как полимеры или металлы. Они обладают такими уникальными свойствами как твердость, износостойкость, химическая инертность, стойкость к термическому удару и коррозии. Низкая плотность таких материалов является качеством, которое необходимо для многих практических применений.

К настоящему времени разработано множество различных типов пористых огнеупорных материалов. Выпускаемые промышленностью теплозащитные материалы [4, 6–8] классифицируются по объемной массе (кг/м^3) на марки (15÷700). Коэффициент теплопроводности для высокоэффективных материалов находится в пределах 0,01÷0,15 Вт/м•К, для низкоэффективных до 0,25 Вт/м•К.

Большую группу среди них занимает пенообразные материалы, получаемые за счет введения в исходную шихту порообразователей [9–11] или выжигания одного из компонентов шихты [8, 12, 13]. Все эти материалы отличаются достаточно высокой плотностью от 0,5 до 1,5 г/см^3 и соответственно низкой пористостью и высокой теплопроводностью. Известен широкий класс материалов, получаемый путем сжигания сферичных порошков огнеупорных оксидов, в котором пористость достигается путем регулирования характера контактов и плотностью упаковки частиц в материале. Однако таким образом получаются плотные композиции с удельным весом 1÷2 г/см^3 [5]. При этом получение сферических порошков является сложной проблемой, требующей применения низкотемпературной плазмы.

Более высокими показателями, по сравнению с данными материалами, обладают материалы на основе различных неорганических микросфер и минеральных волокон. Для композиций на основе микросфер характерно наличие достаточно высокой прочности, до 100 МПа при плотности, равной 0,35–0,40 г/см^3 [7, 14, 15]. Однако сложной является методика получения пустотелых микросфер, требующая использования процесса раздува расплава формируемого оксида в строго определенных гидродинамических параметрах.

Наиболее перспективными в плане получения являются волокнистые материалы, так как на их основе создаются высокопористые композиции. Известен способ изготовления огнеупорной теплоизоляции из волокон, которые обрабатывают водными растворами солей хрома $Cr(OH)SO_4$ и $CrCl_3$ с использованием осадителей NaOH и KOH [16]. К недостаткам этого материала следует отнести наличие в его структуре ионов щелочных металлов, приводящих к значительному снижению термостойкости в результате образования легкоплавких эвтектик.

Например, на ряде огнеупорных производств в РФ выпускаются такие виды легковесных теплоизоляционных огнеупорных изделий, как ШЛ-1,3; ШЛ-1,0; ШЛ-0,4. Кроме этих изделий производится огнеупорный теплоизоляционный стекловолокнистый муллито-кремнеземистый материал марки МКРР-130 [17]. На основе его выпускаются муллито-кремнеземистые плиты на органическом связующем марки МКРП-340 и марки МКР1М-500 на глинистом связующем [17]. Но у этих материалов есть недостаток – наличие органического связующего приводит к значительному снижению их термостойкости и появлению большого объема продуктов разложения органического вещества при эксплуатации.

Наибольшие успехи в области получения легковесных огнеупорных материалов были достигнуты в США в результате разработки производства и летных испытаний системы теплозащиты многоразового воздушно-космического аппарата «Space shuttle». Фирмой Rockwell International были изготовлены плитки из керамического волокна двух типов LI-900 с плотностью 0,144 г/см^3 [18]. Фирмой Lockheed для космических кораблей «Аполлон» был разработан теплозащитный материал LI-1500 с плотностью 0,24 г/см^3. В дальнейшем, в результате исследований по улучшению характеристик материала LI-1500 основное внимание уделялось химическому составу волокна, что привело к созданию волокон диоксида кремния высокой степени чистоты и повышению термостойкости материала LI-1500. Благодаря новым волокнам и усовершенствованным методам обра-

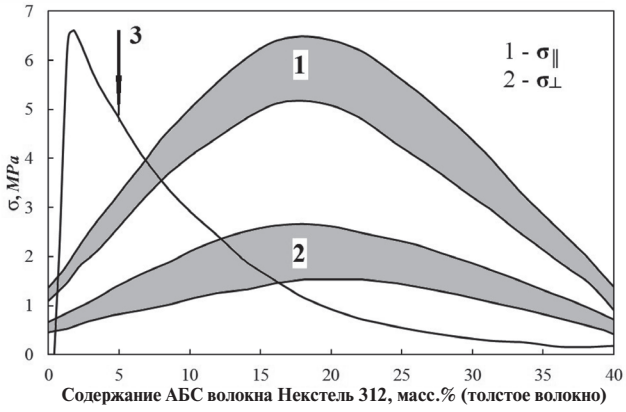


Рис. 1. **Зависимость предела прочности на изгиб FRCI (ρ = 0,32 г/см³):**
3 – содержание кристобалита (%)

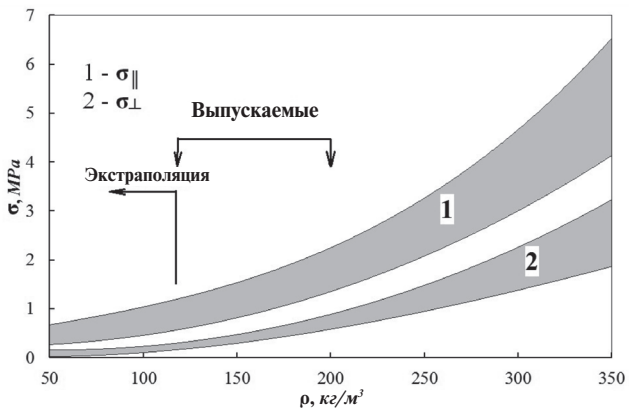


Рис. 2. **Зависимость предела прочности FRCI-20 на разрыв от плотности**

ботки, изменившим их ориентацию, размещение связующего компонента в структуре композита, был создан новый теплозащитный материал LI-900.

На основе алюмоборсиликатного волокна Некстель 312 и микрокварца научно-исследовательским центром им. Эймса был разработан новый материал FRCI с целым рядом новых свойств [19].

1. Физико-химические характеристики пористых огнеупорных материалов

Наиболее подробно физико-химические характеристики высокопористых огнеупорных материалов изучены для материала FRCI, разработанного фирмой «Lockheed» и лабораторией им. Эймса [19]. FRCI построен из двух типов волокон. Волокно первого типа – алюмоборсиликатное Некстель 312 фирмы «Manning» диаметром 11 мкм и длиной 0,31 см. Волокно второго типа – микрокварц фирмы «Johns Manville» диаметром 1÷3 мкм. Относительная прочность материала FRCI, характеризуемая пределом прочности при изгибе в направлениях параллельном или перпендикулярном ориентации волокон представлена на рис 9. Максимальная прочность достигается при 20% содержании алюмоборсиликатного волокна Некстель 312. На рис. 1 показана также устойчивость морфологии структуры полученного материала, характеризуемая содержанием кристобалита после выдержки при 1370°С в течение 4 часов.

На рис. 2 представлена зависимость предела прочности при растяжении от величины плотности для материала FRCI-20.

При плотности 0,19 г/см³ предел прочности при растяжении в направлении наибольшей прочности или ориентации волокон составляет 18,5÷17,6 кг/см² и при растяжении в направлении наименьшей прочности или перпендикулярно ориентации волокон 5,0÷9,8 кг/см² (см. рис. 3). Удлинение при разрушении составляет соответственно 0,38÷0,53% при растяжении параллельно ориентации волокон

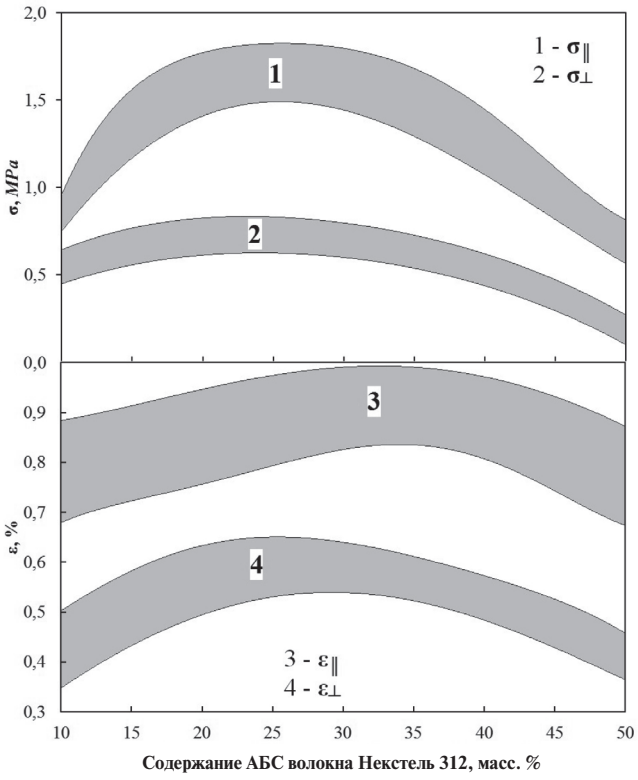


Рис. 3. **Зависимость предела прочности и минимального относительного удлинения при растяжении (ρ = 0,19 г/см³)**

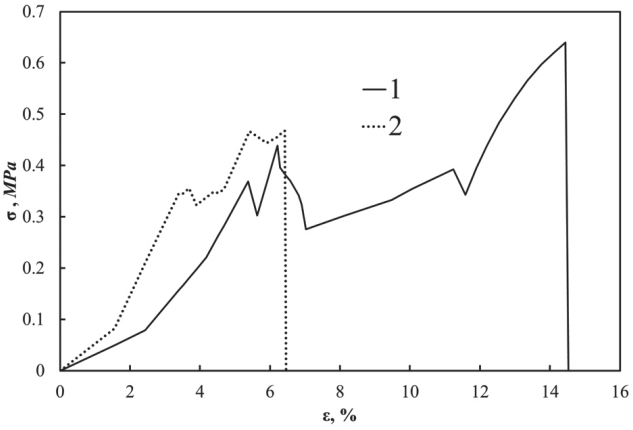


Рис. 4. **Диаграммы σ–ε при испытании материала на разрыв:**
1 – температура испытаний 800°С;
2 – температура испытаний 1000°С

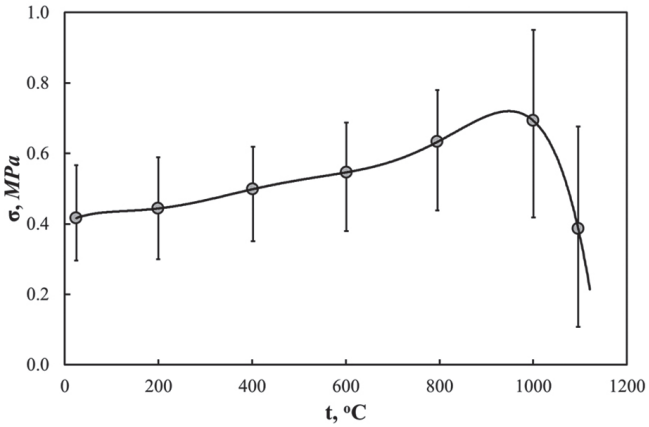


Рис. 5. **Зависимость прочности на разрыв FRCI от температуры испытаний**

и 0,7÷0,9% при растяжении перпендикулярно ориентации волокон (рис. 3) [18].

Материал FRCI-20 был исследован в Институте проблем прочности [20]. Были получены диаграммы зависимости напряжения от деформации, прочностные и упругие характеристики материала в широком температурном интервале от 20 до 1000°С при различных видах нагружения. На рис. 4 представлены примеры диаграмм нагружения.

Из этих примеров видно, что при нагружении образцов в большей или меньшей степени наблюдаются срывы нагрузок с дальнейшим ее возрастанием. Видимо, при испытании разрушение материала происходит не одновременно, а последовательно, путем разрыва отдельных связей между отдельными связями. То есть внешняя нагрузка, прикладываемая ко всему сечению образца, компенсируется сопротивлением не всего сечения одновременно, а отдельных связей, отдельных волокон, отдельным слоев материала. И так продолжается до тех пор, пока не разрушатся все волокна связи волоком в образце.

На рис. 5 приведена диаграмма зависимости прочности материала FRCI от температуры испытаний на разрыв [20]. Она показывает, что при повышении температуры испытаний наблюдается тенденция к росту прочности материала. С повышением температуры усиливается реакция сваривания волокон в местах их контакта, усиливается количество таких прочных связей. И, кроме этого, происходит самозалечивание дефектов самих волокон, что также увеличивает их прочностные свойства.

При испытании материала на сжатие диаграмма деформирования имела вид рис. 6. По виду диаграммы можно заключить, что под действием напряжений происходит перегрузка блока волокон, они разрушаются – на диаграмме происходит спад нагрузки. Затем нагрузка продолжает расти, и цикл повторяется до полного разрушения. Подбор теплозащитных материалов производится обычно по значениям их теплопроводности.

Изменяемая теплопроводность является функцией таких параметров, как температура, объемная масса, пористость, размер пор, радиационные свойства материала, состав твердой фазы, состав газовой фазы и т.д. Зависимость от объемной массы проходит, как известно, через минимум [21]. Относительная

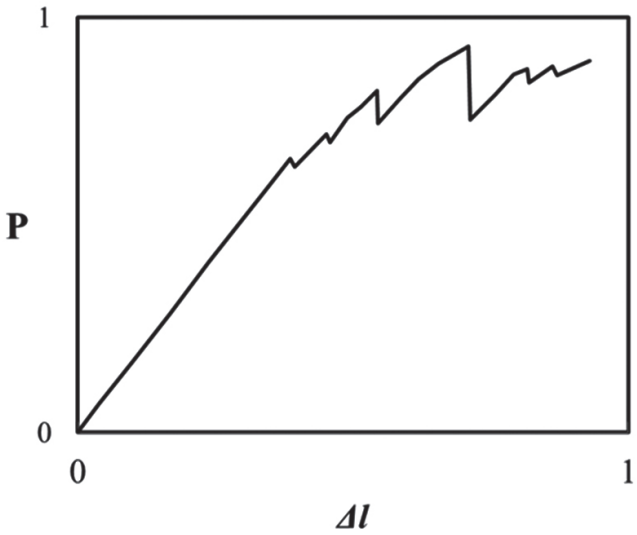


Рис. 6. **Типичная диаграмма деформирования материала FRCI при сжатии**

Таблица

Теплофизические характеристики теплозащитных материалов многократного применения типа FRCI [22]

Характеристики	Теплозащитный материал	
	на основе SiO_2	на основе муллита
Коэффициент теплового расширения, K^{-1} – теплозащитные плитки – защитные покрытия	 $0,5 \cdot 10^{-6}$ $0,7 \cdot 10^{-6}$	 $5,0 \cdot 10^{-6}$ $5,0 \cdot 10^{-6}$
Удельная массовая теплоемкость кал/г • град	0,24	0,25
Коэффициент полного отражения защитного покрытия	0,9	0.7÷0,85
Температурный предел, при котором достигается нулевая прочность, °С – теплозащитная плитка – защитное покрытие	 1260 1100	 1260 750÷1240

ее величина увеличивается с ростом температуры. Это справедливо для любых видов материалов как ячеистых, так и волокнистых.

Зависимость теплопроводности от величины и вида пор с уменьшением величины пор понижается, также изменяемая теплопроводность. На теплофизические свойства материалов оказывает влияние характер рассеивания и поглощения частицами, находящимися внутри структуры материала. Радиационные свойства материалов зависят от химического и минералогического состава, строения материала, от характера контакта частиц, их морфологии. Например, положительное влияние на снижение теплопроводности в системах SiO_2–$Al2O_3$ при повышенных температурах оказывает большое содержание SiO_2. Теплофизические характеристики теплозащитных материалов многократного применения, разработанные в рамках программы «Space shuttle», представлены в табл. [7, 22].

При возрастании тепловых напряжений сохранность теплозащитного материала может быть обеспечена за счет соответствующего коэффициента теплового расширения. В этом плане материалы на основе муллитов могут подвергаться значительно более высоким нагрузкам, чем материалы на основе SiO_2.

Наиболее критичным параметром теплозащитного материала является теплопроводность. Значение коэффициентов теплопроводности материалов теплозащиты FRCI находятся в пределах от 0,2 до 1,5 Вт/м • град. Причем с уменьшением диаметра волокна коэффициент теплопроводности снижается. Волокна меньшего диаметра способствуют образованию в материале существенно меньших пор, что приводит к уменьшению конвективного и лучистого теплообмена.

2. Материалы с регулярной и квазирегулярной пористой структурой

К материалам с регулярной или квазирегулярной поровой структурой относятся так называемые ячеистые, клеточные или «решеточные» материалы.

Примером таких материалов является пенокерамика – спеченный материал на минеральной основе с пеноячеистой структурой. Структура материала состоит из пузырьков воздуха (или другого газа), окруженных тонкими оболочками, образующими своеобразный каркас. Пенокерамика обычно получается на основе высокодисперсных минеральных порошков и жидких пен. Такие пены представляют собой коллоидные системы с жидкой поверхностью раздела, дисперсионной средой является жидкость, а дисперсной фазой – газ в виде пузырьков, отделенных друг от друга пленками жидкости.

Структура этих материалов представляет собой решетку из связной сети стоек. На языке строительной техники решеточная ферма или пространственная рама означает массив стоек, сочлененных и жестко связанных между собой, как правило, из одного из традиционных строительных материалов: дерева, стали или алюминия. Их назначение заключается в создании жесткой, прочной несущей конструкции, используя по возможности как можно меньше материала и обеспечивая при этом ее минимальный вес. Слово «решеточные» используется и в других контекстах: на языке кристаллографии, например, решетка – гипотетическая сетка связных линий с трехмерной трансляционной симметрией. Пересечения линий определяют атомные объекты в кристалле; элементарная ячей-

ка и элементы симметрии решетки характеризуют класс кристаллов.

Здесь мы имеем дело с решеточными, ячеистыми или клеточными материалами. Как инженерные фермы и рамы, они состоят из связанного массива распорок или пластин, и, как в кристаллической решетке, они характеризуются типичной ячейкой с определенными элементами симметрии; некоторые из которых, но не все, имеют трансляционную симметрию. Но решеточные материалы отличаются от инженерных решеток в одном важном отношении, а именно в масштабе. Элементарные ячейки решетчатых материалов измеряются в миллиметрах или микрометрах, и именно это позволяет им рассматриваться как в качестве структуры, так и в качестве материала. С одной стороны, они могут быть проанализированы с помощью классических методов механики так же, как анализируется любая пространственная рама. Но, с другой стороны, необходимо думать о решетке не только как о наборе связанных стоек, но и как о «материале» самом по себе, со своим набором конкретных свойств. Это позволяет непосредственно сравнивать его с такими же, но уже монолитными материалами.

Исторически сложилось так, что пены представляют собой определенное подмножество решеточно-структурированных материалов, и они были изучены задолго до этого, однако внимание было сосредоточено на решетках других типов. Ранние исследования предполагали, что свойства пены линейно зависят от относительной плотности $\tilde{\rho}/\rho_s$ (т.е. объемной доли твердого вещества, в материале), но для большинства пен это не так. Четкое понимание их механических свойств пен стало появляться после 1970 года, после появления работ [23, 24]. С тех пор было достигнуто достаточно полное понимание механических, тепловых и электрических свойств пен. Эти идеи были с успехом применены для керамической пены [25–34]. Последние достижения в этой области были отражены в обобщенной монографии [35].

Одним из ключевых фактов является то, что деформации в большинстве пен, будь то с открытыми или закрытыми порами, изгибно-доминирующие – термин, который объясняется более подробно ниже. Следствием этого является то, что их жесткость и прочность (при заданной относительной плотности) падает значительно ниже уровней, которые следовало бы ожидать для структур с преобладанием растягивающих напряжений, типичным представителем которых являются полностью триангулированные решетки. Чтобы дать представление о том, в чем разница, сравним решетки с низким уровнем связности, типичным примером которой являются пены, с относительной плотностью 0,1 (это означает, что твердые стенки ячеек занимают 10% от объема). Такие структуры являются менее жесткими, чем структуры с преобладанием растягивающих напряжений, которыми являются триангулированные решетки, с той же относительной плотностью.

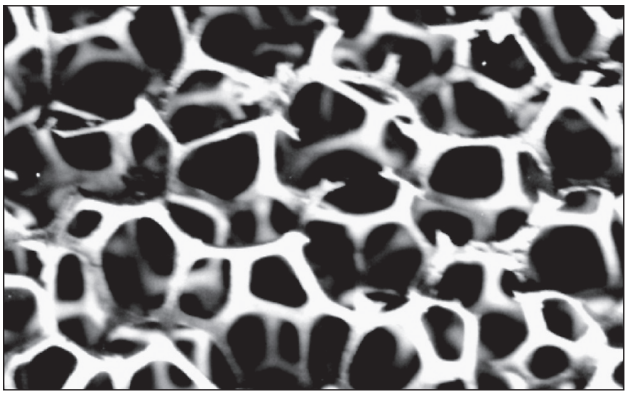


Рис. 7. **Увеличенное изображение типичной клеточной структуры. Топология ячеек построена таким образом, что края ячеек изгибаются при наличии внешней нагрузки на конструкцию. Даже когда ячейки закрыты, преимущественно наблюдаются деформации изгиба, потому что тонкие стороны ячеек изгибаются достаточно легко**

В этом разделе мы рассмотрим существенные черты обеих структур, как с преобладанием напряжений изгиба, так и напряжений растяжения, используя размерные методы, чтобы прийти к простым приближенным законам подобия для механических, тепловых и электрических свойств.

На рис. 7 представлено изображение керамической пены с открытыми порами. Оно представляет один из классов решеточно-структурированных материалов. Он состоит из стоек, соединенных в узлах. Для этого класса является характерной низкая связность узлов (среднее количество стоек, которые соединяются в одном узле). Топология ячеек построена так, что заставляет изгибаться клеточные края при наличии внешней нагрузки на структуру. Даже тогда, когда ячейки закрыты, преимущественно наблюдаются деформации изгиба, это связано с тем, что тонкие грани ячеек гнутся достаточно легко.

На рис. 8 представлена идеализация элементарной ячейки подобной структуры. Она состоит из твердых перемычек, окружающих пустое пространство, содержащее газ или жидкость.

Решеточно-структурированные материалы часто называются клеточными твердыми веществами. Они характеризуются относительной плотностью, которая (при $t \ll L$) для структуры, показанной здесь, имеет вид:

$$\frac{\tilde{\rho}_O}{\rho_S} = \frac{7}{4}\left(\frac{t}{L}\right)^2 - \left(\frac{t}{L}\right)^3 \propto \left(\frac{t}{L}\right)^2, \quad (1)$$

где $\tilde{\rho}_o$ представляет собой плотность пены, ρ_s – плотность твердого вещества, из которого она сделана, L – размер ячейки и t – толщина краев ячейки. Роль кубического члена в выражении (1) становится существенно при $t/L > 0{,}15$. Да и сама эта модель имеет жесткие ограничения и несет физический смысл только в диапазоне $t/L < 0{,}5$. То есть, когда толщина перемычки меньше половины длины грани кубической части ячейки. Зависимость относительной плотности $\tilde{\rho}_o/\rho_s$ от отношения t/L представлена на рис. 9. Для сравнения на этом рис. приведен график (кривая 2) квадратичного члена уравнения (1).

Материалы с решетчатой структурой, в которой имеется низкая связность стоек, как это изображено на рис. 7 и 8, имеют низкую жесткость, поскольку конфигурация краев их ячейки позволяет им изгибаться. Возможно наличие других конфигураций, в которых края ячейки выполнены таким образом, чтобы вместо изгиба в их структуре наблюдалось растяжение. Это предположение приводит к идее решетчатых конструкций, построенных из микроферм.

Чтобы понять это, необходимо использовать критерий устойчивости Максвелла, который представляет собой простое, но глубоко фундаментальное правило [36]. Как следует из законов механики, для определения устойчивости системы балок и фермы они должны быть как статически, так и кинематически определимыми хотя бы в двух измерениях, т.е. это означает быть жесткой и не складывающейся, будучи нагруженной. Таким условием, для фермы с узловыми соединениями (т.е. которые закреплены шарнирно в своих узлах), состоящей из b стоек и j узлов без трения, таких как те, что представлены на рис. 10, является выражение:

$$M = b - 2j + 3 = 0. \quad (2)$$

Для случая трех измерений эквивалентное уравнение представляет собой:

$$M = b - 3j + 6 = 0. \quad (3)$$

Если $M < 0$, как изображено на рис. 10a, рама представляет собой механизм, который имеет одну или несколько степеней свободы в тех направлениях, которые позволяют соответствующие смещения, при этом она не имеет жесткости или прочности. Если ее узлы заблокированы (поскольку мы рассматриваем решетчатые конструкции), прутья рамы изгибаются, когда структура загружается, как показано на рис. 11.

Если $M = 0$, как показано на рис. 10b, рамка перестает быть механизмом. Если он будет нагружен, его элементы испытывают напряжения, растяжения или сжатия (такая ситуация наблюдается даже в случае шарнирного сочленения), и она становится структурой с преобладанием растягивающих напряжений. Блокировка сочленений в данном случае мало что меняет, потому что ажурные структуры гораздо жестче при растяжении, чем при изгибе. Здесь действует основной принцип: структурная эффективность структур с преобладанием растягивающих напряже-

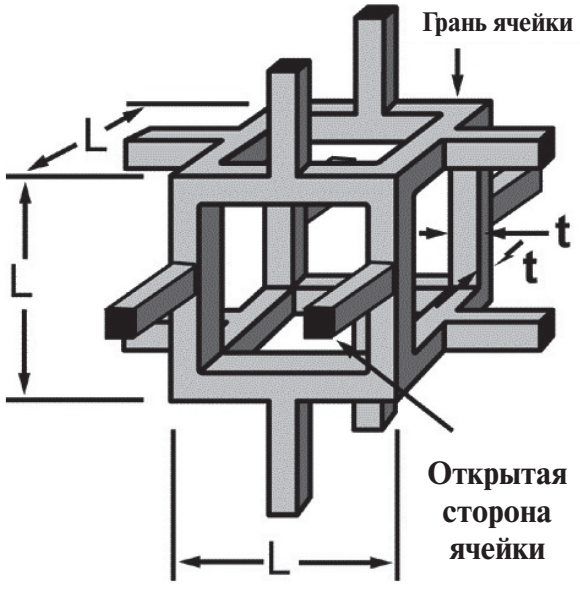


Рис. 8. **Идеализированные ячейки в пене с открытыми порами**

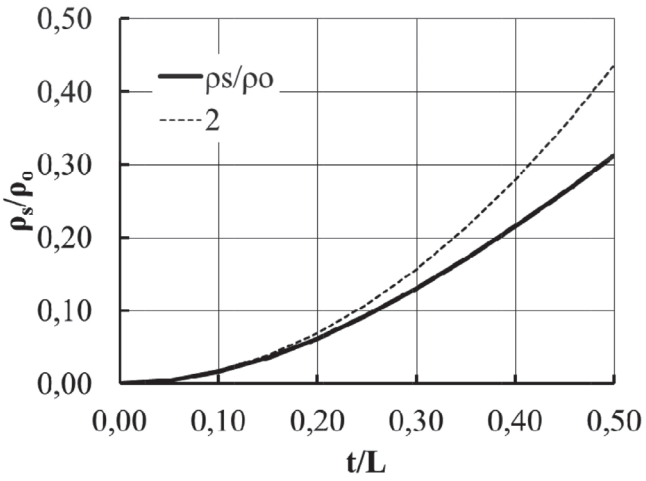


Рис. 9. **Зависимость относительной плотности $\tilde{\rho}_o/\rho_s$ от отношения t/L и величина квадратичного члена уравнения (1) (кривая 2)**

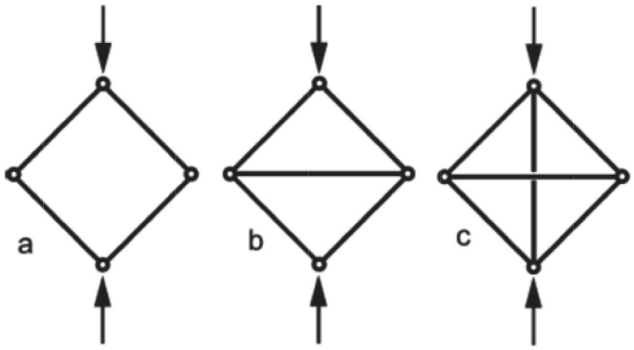


Рис. 10. **Варианты ферм с узловыми соединениями, моделирующих строение ячеистых материалов:**
a) Шарнирно-сочлененная рамка, которая складывается при нагрузке, представляет собой механизм. Если его соединения жесткие, свариваются вместе, происходит изгиб стоек (как на рис. 11) – она становится изгибно-доминирующей структурой;
b) Жесткая триангулированная рамка в случае нагружения, так как поперечная распорка испытывает напряжение, – это растяженно-доминирующая структура;
c) Рамка с дополнительным ограничением; если горизонтальная полоса укорачивается, то в вертикальной возникает напряжение, даже если отсутствуют какие-либо внешние нагрузки (дает состояние внутреннего напряжения)

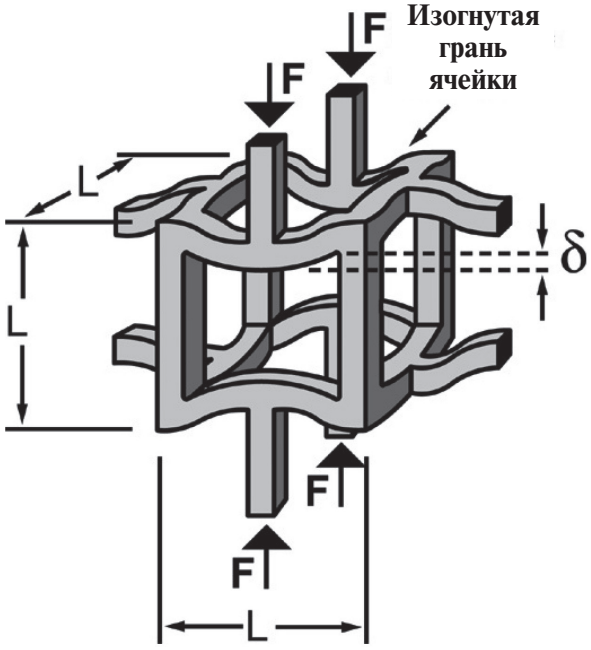


Рис. 11. **Схематическое поведение нагруженной структуры с низкой связностью. Наблюдается изгиб края ячейки, обеспечивая, таким образом, низкий модуль упругости. δ – величина деформации**

ний высока; в свою очередь для изгибно-доминирующих структур она является низкой.

Для понимания механического поведения подобных структур в работе [35] введена дополнительная концепция внутреннего напряженного состояния, представленная на рис. 10c. Это структура с $M > 0$. Если вертикальная стойка сокращается, она тянет другие стойки в состояние сжатия, которое уравновешивается натяжением, которое в ней возникает.

Стойки в этой структуре находятся в напряженном состоянии, даже если нет никаких внешних нагрузок на всю конструкцию. Критерии уравнений (2) и (3) являются необходимыми условиями для жесткости конструкции, но не являются в целом достаточными условиями, так как они не учитывают возможности состояний внутреннего напряжения и состояния механизма. Обобщение правило Максвелла в трех измерениях дается в работе [37]:

$$M = b - 3j + 6 = s - m, \quad (4)$$

где s и m – число состояний внутренних напряжений и механизмов, соответственно. Каждое из них может быть определено путем нахождения ранга равновесной матрицы, описывающей рамку в полном структурном анализе [37]. Просто жесткая рамка (для решетки, которая является статически и кинематически определимой) имеет $s = m = 0$. Характер правила Максвелла как необходимого, но недостаточного условия понятен из анализа уравнения (4). Нуль с левой стороны означает только то, что количество механизмов и состояний внутреннего напряжения равны, а не то, что каждый из них равен нулю.

Критерий Максвелла дает представление о дизайне решетчатых материалов и показывает, почему пены почти всегда дают материалы с преобладанием напряжений изгиба [39–41]. Примеры некоторых идеализированных форм ячейки показаны на рис. 12.

Изолированные клетки, которые удовлетворяют критерию Максвелла и являются жесткими, помечены «YES», в то время как «NO» означает, что условие Максвелл не выполняется и что данная ячейка является механизмом. При этом, как правило, предполагается, что подходящая модель для ячейки в пене соответствует приблизительному заполнению объема материала ячейками данной пространственной формы. Тем не менее, структуры, получаемые при заполнении пространства формами, обозначены цифрами 2, 3, 4, 6 и 8, не являются жесткими.

Кроме того, ни одна из представленных ячеек в форме многогранников, заполняющих пространство, не имеет $M \geqslant 0$. Среди форм ячеек, заполняющих пространство, существуют такие комбинации, у которых $M = 0$; например, тетраэдр и октаэдр, кото-

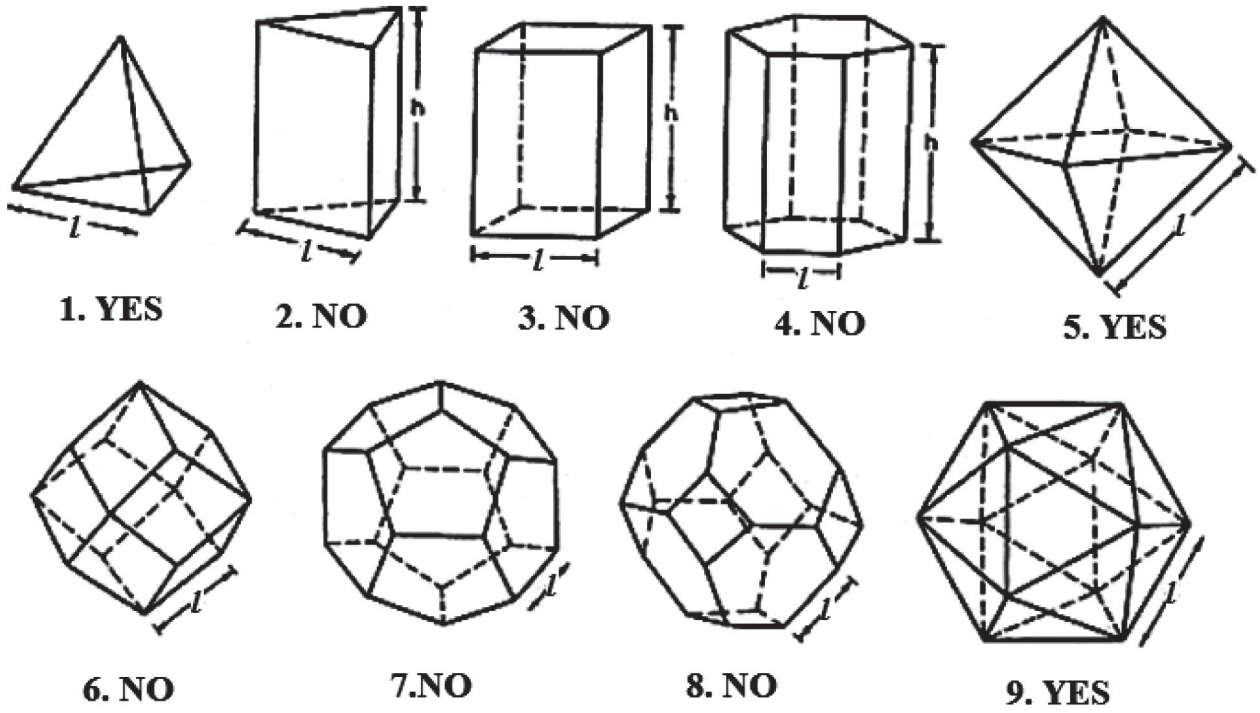


Рис. 12. **Полиэдрические ячейки. Ячейки, которые при заполнении пространства имеют M < 0 (2–4, 6–8), представляют собой структуры с преобладанием напряжений изгиба [35]**

рые находятся в комбинации друг с другом во время заполнения пространства и позволяют сформировать жесткую основу.

Критерий Максвелла дает аналитический подход для проектирования решеток с преобладанием растягивающих усилий в их структуре и, соответственно, к получению более прочных и легких материалов. Продуктивность такого подхода полностью реализовалась при создании материалов с опаловой структурой, особенно для обратных опалов. В структуре этих материалов прекрасно реализуются структуры с критерием Максвелла $M < 0$.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Pavel G. Kudryavtsev, Professor, PhD in Chemistry, Deputy Director for Research and Development Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center (Israel), Academician of International Academy of Sciences for Ecology and Human Safety and Russian Academy of Natural Sciences, Author of 254 scientific works, including 4 monographs, has 35 inventions. He was awarded the M.V. Lomonosov medal, Commander of the Order «The Star of the Scientist» and was awarded the honorary title «Honored Worker of Science», awarded the medal of P.A. Stolypin, and honorable diamond sign of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation. Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center, POBox 73, Migdal HaEmek 2310001, Israel, e-mail: pgkudr89@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кудрявцев Павел Геннадьевич, проф., к.х.н., зам. директора по научно-исследовательской работе Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center (Израиль), действительный член (академик) МАНЭБ и РАЕН, автор 254 научных работ, в том числе 4 монографий, имеет 35 изобретений, награжден медалью им. М.В. Ломоносова, кавалер ордена «Звезда ученого», удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки», награжден медалью П.А. Столыпина и почетным бриллиантовым знаком Торгово-промышленной палаты РФ; POBox 73, Migdal HaEmek, Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center, 2310001, Израиль, e-mail: pgkudr89@gmail.com

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: pgkudr89@gmail.com

WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IS ONE OF THE LEADING CHINESE UNIVERSITIES

About Wuhan University of Technology

Wuhan University of Technology (hereafter referred to as WUT) was merged on May 27th 2000, from the former Wuhan University of Technology (established in 1948), Wuhan Transportation University (established in 1946) and Wuhan Automotive Polytechnic University (established in 1958). WUT is one of the leading Chinese universities under the direct administration of the Ministry of Education and one of the universities in the country's construction plan of world-class universities and first-class disciplines. WUT is also jointly constructed by the Ministry of Education, the Ministry of Transport, the State Oceanic Administration and the State Administration of Science, Technology and Industry for National Defense. In the past 70 years, WUT has fostered over 500.000 engineers and technicians, maintaining itself the largest scale university under the direct administration of the Ministry of Education for nurturing talents oriented in the three industrial sectors: building materials industry, transportation industry and automobile industry and retaining itself an important base of nurturing high-level talents for the three industrial sectors as well as providing significant scientific and technological achievements.

With the practice of long-term student's education, WUT has formed educational ideology system with distinctive characteristics: focusing on the lofty ideal of building an excellent university to win a worldwide recognition and admiration, the University has forged the spirit of «Sound in Morality, Broad in Learning and Pursuing Excellence», promoted the guiding principle of «take the students cultivation as our essence, and take academic development as our priority», and exercised the educational concept of «implementing excellent education, nurturing excellent talents and creating an excellent life». WUT is committed to building an excellent university that provides an excellent education to lead our students to a fulfilled life with excellent pursuit and excellent capability.

The University has three main campuses, namely, the Mafangshan Campus, the Yujiatou Campus and the South Lake Campus, with a total occupying land area of 267 hectares. Currently, WUT has 5.508 staff members, including 3.282 full-time academic staff members, 1 academician of China Academy of Science, 3 aca-

demicians of China Academy of Engineering, 1 foreign member of the Russian Academy of Engineering, 1 member of European Academy of Sciences, 1 fellow of Australian Academy of Technological Sciences and Engineering and 1 member of World Academy of Ceramics. Besides, the University has heldpublic global recruitment of 30 world-renowned professors to be its «Strategic Scientists» in the area of Materials Science & Engineering, Mechanical Engineering, Information Technology and Naval Architecture & Ocean Engineering. WUT owns a great number of academic staff members listed in national high-level talents programs, with 28 of them listed in the Recruitment Program of Global Experts»(known as »the Thousand Talents Plan»), 6 listed in «Ten Thousand Talents Program», 14 listed in «Cheung Kong Scholars Program», 7 listed in «The National Science Fund for Distinguished Young Scholars», 3 listed in «National Renowned Teachers» and 11 listed in «The New Century National Hundred, Thousand and Ten Thousand Talent Project».

The University owns 24 academic schools, 4 State Key Laboratories, 8 State key Disciplines, 77 Doctoral programs, 226 Master's programs as well as 90 Bachelor's programs. The Universityhas 54.986 students, including 36.452 undergraduates, 17,224 postgraduates (Master and PhD students), and 1.310 international students. Besides, Material Science, Engineering Science and Chemistry rank the top 5‰ in ESI (Essential Science Indicators) global discipline ranking list.

WUT owns 34 innovative research centers with international leading level including two State Key Laboratories, one State Engineering Laboratory, one National Engineering Research Center and ministerial or provincial level laboratories in the areas of new materials and building materials, transportation and logistics, mechatronics and automobile, information technology, new energy, resources and environmental technology as well as Public Safety and Emergency Management. Meanwhile, the University has established about 230 Joint Research Centers with local governments and enterprises. From 2010, WUT has obtained 14 National Science and Technology Awards, ranking in the forefront of Chinese higher education institutions.

WUT has established cooperative relations for students exchange and scientific research with more than 190 foreign universities and research institutions from USA, UK, Japan, France, Australia, Russia and the Netherlands, etc. and invited over 300 international famous scholars to be strategic scientist, guest professors or honorary professors. From 2007, WUT was authorized to establish 5 Bases of Foreign Outstanding Expertise-Introduction for Disciplines Innovation in China Leading Universities in Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Advanced Technology for High Performance Ship, Advanced Technology for Functional Film Materials Fabrication and Its Application in Engineering, Key Technology for New Energy Vehicles and Environmental-friendly Building Materials. As well, the International Joint Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, the Base of International Science and Technology Cooperation in Environmental-friendly Building Materials, the base of International Science and Technology Cooperation on Smart Shipping and Maritime Safety. From 2009, WUT has established 14 International Joint Research Centers with internationally renowned institutions from USA, UK, Italy and the Netherlands, including

the «WUT-UM Joint New Energy Material and Conversion Technology Key Laboratory» with the University of Michigan, the «WUT-UoS High Performance Ship Technology Joint Center» with the University of Southampton andthe «Joint Research Center for Intelligent Ship and Traffic» with Delft University of Technology. In 2016, an international college initiative – the UWTSD Wuhan Ligong College was established in Swansea in partnership with the University of Wales Trinity Saint David, UK.

In 2017, the University was listed in *Times Higher Education World University Rankings, QS Asia University Rankings, U.S. News Best Global Universities Rankings and ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities*.

Overview of the International School of Materials Science and Engineering

Driven by the great demand for national higher education reformation, the International School of Materials Science and Engineering (hereafter referred to as ISMSE), Wuhan University of Technology (hereafter referred to as WUT) is aimed to build the top-notch innovative talent training base and knowledge innovation centre of Materials Science and Engineering.

WUT is one of the leading Chinese universities under the direct administration of the Ministry of Education and one of the universities constructed in priority by the «State 211 Project» for Chinese higher education institutions.

Since 1996, WUT has implemented the talent cultivation system reforms through setting up pilot classes, including international cultivation programs, undergraduate-Master program and undergraduate-PhD. program. In April 2014, ISMSE was founded and approved by the Hubei Provincial Department of Education. In June 2015, ISMSE was selected into the list of the «Network of International Centers for Education» supported by the Ministry of Education of P. R. China and the State Administration of Foreign Experts Affairs. ISMSE is devoted to building the world-leading MSE discipline through optimization of a high-level research and teaching team and establishment of an innovative talents training system, thereby to support the development of materials industry as a technology platform as well as a talent pool.

WUT's Discipline «Material Science and Engineering» enters Top 2% in the Fourth China Discipline Ranking

China Academic Degrees & Graduate Education Development Center (CDGDC) has recently announced the results of the Fourth China Discipline Ranking, with WUT's Discipline «Material Science and Engineering» listed at the highest level: Level A+ (3 universities listed in all, ranking Top 2% in China).

Among the evaluated disciplines, four disciples of WUT including Mechanical Engineering, Transportation Engineering, Design Science and Marxist Theory are listed at the Level B+ (ranking top 10%–20%), and six disciplines are listed at the Level B (ranking top 20%–30%), including Applied Economics, Civil Engineering, Information and Communication Engineering, Computer Science and Technology, Environmental Science and Engineering and Management Science and Engineering.

Compared with the former three China Discipline rankings, the discipline rankings of WUT has witnessed a substantial improvement, with the discipline of Top 2% rising from scratch. Meanwhile, the number of Top 10%–20% disciplines has increased from zero to four, Top 20%–30% disciplines from four to six. The followings are the disciplines with remarkable improvements: Material Science and Engineering, Mechanical Engineering, Transportation Engineering, Marxist Theory and Applied Economics, etc.

Since the merge of three schools in 2000, driven by the national construction of significant projects such as «State Project 211» and «985 Innovation Platform for Superior Disciplines», WUT's discipline of «Material Science and Engineering» has witnessed a significant growth in disciplinary connotations presented in high-level faculty, scientific researches, cultivation of innovative talents, and international cooperation communications, etc. The discipline's overall strength and level have been boosted in the past years, ranking rising from No. 22 in 2002 to No. 5 in 2012, and further up to No. 3 in this year. Over the past 70 years, the discipline has cultivated a large number of high-level talents for our national building materials and new materials industry with more than 100 significant scientific and technological achievements. It has make historic contributions to the development of the national building materials industry, promoting the Chinese building materials industry to grow steadily to take the lead in the world building industries now.

State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing (Wuhan University of Technology)

The State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing (short for SKL) is a state key Laboratory in the area of advanced materials which was funded by the National Planning Commission and established in Wuhan University of Technology in 1987. The SKL is under supervision of the administration of the Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. Professor Gu Binglin, an Academician of Chinese Academy of Sciences, is the director of the academic committee of SKL and Professor Zhengyi Fu is the current director of SKL.

SKL aims at the frontiers of world materials science and major national needs, builds a world-class material composite and preparation technology platform, and develops key new materials for the development of national sophisticated weapons and emerging industries to support national strategies; SKL produces original and systematic research results with international influence in transformative technology and frontier new materials and their intersecting fields, leading international development in the research of a number of strategic frontier new material; SKL leads in the training of top-notch innovation talents in world-class disciplines of materials science and engineering with outstanding scientific research, creating an international

collaborative innovation culture, conducting «strong-strong» international cooperation research to enhance the laboratory's international influence, attractiveness and cohesion.

Focusing on the overall positioning and goals, SKL will create and develop multi-component, multi-scale, multi-level composite principle and material design theory as important guides to build material gradient composite technology, in-situ composite technology, nano-composite technology and integrated innovation platform as the core support, to study advanced composite materials for advanced weaponry and equipment for defense, efficient energy conversion and storage materials for new energy technologies, nano-composite biomaterials for life sciences, information functional materials for information technology and transformation-oriented technology. SKL has formed the following five distinctive research directions: gradient composite technology and new materials, in-situ composite technology and new materials, nano-composite technologies and new materials, transformative technologies and cutting-edge new materials, material composite principles and material design.

SKL employs 103 full time researchers, including 1 academician of Chinese Academy of Sciences, 2 academicians of Chinese Academy of Engineering, 1 academician of Belgian Royal Academy of Sciences and European Academy of Sciences, 1 academician of World Academy of Ceramics, 12 Distinguished Foreign Experts, 1 973 Program Chief Scientist, 5 winners for Outstanding Youth Training Fund, 4 leading talents of National Ten Thousand People Program, 7 winners for Pacesetter Engineering in the New Century, 5 Cheung-Kong Scholars, and 18 winners for the New Century Excellent Talents Support Plan of the Ministry of Education. It is a spirited team of innovation and creation. SKL encourages young scholars to visit famous international universities or research institutes for further improvement and cooperation. In recent years, the lab has sent more than 20 young scholars to engage in studies and research collaboration abroad.

SKL has accomplished win-win cooperation with internationally renowned research institutes such as the University of Michigan, the Japan Aerospace Technology Development Agency, the Institute of Metal Materials of Tohoku University in Japan, the Material Research Center of the University of Oxford in the United Kingdom, the Composite Materials Research Center of the University of California, and the National Institute of Fuel Cell Research in Canada. Based on SKL, the Ministry of Science and Technology has established the International Joint Laboratory for New Materials and Compound Technologies, which is one of the first batches of 33 international joint laboratories in the China. The State Administration of Foreign Experts Affairs and the Ministry of Education established the Innovation and Intelligence Base for Material Composite new Technology and Advanced Functional Materials and Advanced Preparation Technology and Application Engineering of new Functional Thin Film Materials. SKL has established the WUT – Harvard University Nano Joint Laboratory, Joint Laboratory of New Energy Materials and Technology of Wuhan University of Technology–University of Michigan, Wuhan University of Technology–University of California, Davis, Multiplex Multi-scale New Technology Laboratory for Composite Materials, Wuhan University of Technology–Oxford Advanced Composite Ceramics Laboratory Etc.. Relying on those important international collaborative research platforms, SKL has undertaken a number international cooperation projects.

With an area of 25350 m^2, SKL possesses the required equipment for advanced materials synthesis and processing, material structure analysis, characterization and performance test, in total value of about 225.38 million RMB.

Contact information

Address: 122 Luoshi Road, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P. R. China
Postal Code: 430070
Supporting Institution: Wuhan University of Technology
Tel: 86-27-87884448; Fax: 86-27-87879466
E-mail: sklwut@whut.edu.cn
Contacts: Zhao Xiang, Zhou Lihua

R

УХАНЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ – ОДИН ИЗ ВЕДУЩИХ КИТАЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

Об Уханьском университете технологий

Уханьский университет технологий (далее УУТ) был образован 27 мая 2000 года от бывшего Уханьского университета технологий (основан в 1948 г.), Уханьского университета транспорта (основан в 1946 г.) и Уханьского автомобилестроительного политехнического университета (основан в 1958 г.). УУТ является одним из ведущих китайских университетов, подчиняющихся Министерству образования, и одним из университетов, входящих в государственную программу по созданию университетов мирового уровня с высокопрофессиональной подготовкой по основным специальностям. УУТ также совместно курируется Министерством образования, Министерством транспорта, Государственным океаническим управлением и Государственным управлением по науке, технологиям и национальной безопасности. В предыдущие 70 лет УУТ выпустил более 500 000 инженеров и технических специалистов, став, таким образом, крупнейшим университетом по подготовке кадров в трех областях промышленности – строительных материалах, транспорте и автомобилестроении. Помимо подготовки высокопрофессиональных специалистов для вышеуказанных областей промышленности, УУТ также достигает значительных научных и технологических результатов.

На основе длительного обучения студентов УУТ сформировал образовательную модель с отличительными особенностями: уделяя много внимания и сил высокому идеалу развития учреждения, который обладал бы всемирным уважением и признанием, университет несет идею «твердости в этике, всесторонности в образовании и развитии высокого мастерства» и следует основному принципу: «развитие студентов – это наша сущность, развитие науки – приоритет». УУТ реализует образовательную концепцию «обеспечения превосходного обучения, взращивания высококвалифицированных специалистов и создания прекрасной жизни». УУТ несет ответственность за создание учреждения, который обеспечит качественное образование с целью подготовки студентов к жизни с востребованной профессией и отличными навыками.

Университет обладает тремя основными кампусами: Мафангшан, Юдзитоу и Сауф Лейк, которые занимают, в общей сложности, площадь 267 гектаров. В настоящий момент численность штата УУТ составляет 5 508 человек, включая 3 282 штатных единицы профессорско-преподавательского состава, 1 академика Китайской академии наук, 3 академиков Китайской инженерной академии, 1 иностранного члена Российской инженерной академии, 1 члена Европейской академии наук, 1 члена Австралийской академии технологических наук и инженерного искусства и 1 члена Международной

академии керамики. Кроме того, Университет привлек к работе 30 профессоров с мировой известностью в качестве «стратегических ученых» в области материаловедения и инженерного дела, машиностроения, информационных технологий, кораблестроения и морского строительства. В УУТ работает много академических сотрудников из национальной программы поддержки высококвалифицированных кадров, из них 28 входят в Программу рекрутинга международных экспертов (также известной как Программа тысячи специалистов), 6 – в Программу десяти тысяч специалистов, 14 – в Программу ученых Ченг Конг, 7 являются лауреатами Национального научного фонда для молодых выдающихся ученых, 3 входят в Национальную программу заслуженных преподавателей и 11 – в Национальный проект сотни, тысячи и десяти тысяч специалистов нового века.

Университет включает 24 научные школы, 4 государственные ключевые лаборатории, 8 государственных ключевых специальностей, 77 образовательных программ аспирантуры и докторантуры, 226 программ магистратуры, а также 90 программ бакалавриата. В университете 54 986 обучающихся, среди которых 36 452 студентов бакалавриата, 17 224 студентов магистратуры и аспирантов, а также 1 310 иностранных студентов. Более того, публикации по материаловедению, инженерному делу и химии занимают верхние 5% в наукометрической базе Института научной информации США (Essential Science Indicators) международного рейтинга областей знаний.

УУТ располагает 34 инновационными исследовательскими центрами международного уровня, включая две государственные ключевые лаборатории, одну государственный инженерную лабораторию, один национальный инжиниринговый исследовательский центр, а также лаборатории ведомственного или областного подчинения в сфере новых материалов и строительных материалов, транспорта и логистики, мехатроники и автомобилестроения, информационных технологий, новых видов энергии, ресурсов и технологий защиты окружающей среды, а также управления общественной безопасностью и чрезвычайными ситуациями. Вместе с тем, университет основал около 230 исследовательских центров совместно с муниципальными властями и местными предприятиями. Начиная с 2010 года, УУТ получил 14 государственных премий по науке и технологиям, заняв топовые позиции в рейтинге китайских высших учебных заведений.

УУТ установил связи для студенческого обмена и научных исследований с более, чем 190 иностранными университетами и научными институтами из США, Великобритании, Японии, Франции, Австралии, России, Нидерландов и др., а также пригласил более 300 всемирно известных исследователей в качестве стратегических ученых, приглашенных и почетных профессоров. С 2007 года УУТ получил право основать в ведущих китайских университетах 5 базовых центров внедрения иностранных профессиональных направлений в следующих областях: перспективные технологии для синтеза и обработки материалов, перспективные технологии для высокопроизводительных кораблей, перспективные технологии для производства функциональных пленочных материалов и его использование в инженерии, ключевые технологии для транспортных средств с использованием альтернативных видов энергии и экологичных строительных материалов. Кроме того, университетом были основаны: Международная совместная лаборатория перспективных технологий для синтеза и обработки материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области экологичных строительных материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области интеллектуального кораблестроения и морской безопасности. С 2009 года УУТ создал 14 международных совместных исследовательских центров с международно признанными институтами из США, Великобритании, Италии и Нидерландов, включая ключевую лабораторию технологий новых энергоносителей и конверсии (совместно с Мичиганским университетом). В этом плане с ним активно сотрудничали Саутгемптонский университет, центр технологий высокопроизводительных кораблей, а также Совместный исследовательский центр интеллектуального кораблестроения и движения (вместе с Делфтским техническим университетом). В 2016 году в партнерстве с Университетом Уэльс Тринити Сейнт Дэвид (Великобритания) в Суонси был основан международный UWTSD Уханьский Лигонг Колледж.

В 2017 Университет вошел в такие рейтинги, как *Times Higher Education World University Rankings, QS Asia University Rankings, U.S.News Best Global Universities Rankings and Shanghai Ranking's Academic Ranking of World Universities.*

Обзор деятельности Международной школы материаловедения и инженерного дела

В связи с большой необходимостью реформы национальной системы высшего образования, деятельность Международной школы материаловедения и инженерного дела (далее МШМиИД) УУТ направлена на создание первоклассной инновационной площадки для подготовки высококвалифи-

цированных кадров и инновационного центра знаний материаловедения и инженерного дела.

УУТ – один из ведущих китайских университетов под управлением Министерства образования и один из университетов, приоритетно построенного в рамках государственного проекта «State 211 Project» для китайских высших учебных заведений.

С 1996 года УУТ реализовал изменения в системе подготовки кадров путем проведения пилотных занятий, включая международные программы, программы магистратуры и аспирантуры. МШМиИД была основана в апреле 2014 года и утверждена Департаментом образования провинции Хубэй. В июне 2015 года МШМиИД была внесена в перечень «Сети международных образовательных центров», поддерживаемый Министерством образования КНР и Министерством международного сотрудничества. Деятельность МШМиИД посвящена разработке знаний в области материаловедения и инженерного дела за счет оптимизации высокоуровневых исследований и преподавательского состава, а также основанию инновационной системы подготовки специалистов с целью развития индустрии материалов как технологической платформы и кузницы кадров.

Специальность УУТ «Материаловедение и инженерное дело» вошла в топовые 2% в четвертом рейтинге специальностей Китая

Центр развития китайского академического образования недавно объявил результаты четвертого рейтинга специальностей Китая: специальность УУТ «Материаловедение и инженерное дело» заняла самый высокий уровень – уровень A+ (3 университета занимают этот уровень, образуя топовые 2% в Китае).

Среди оцениваемых специальностей – 4 специальности УУТ (машиностроение, транспортная инженерия, дизайн и теория марксизма) заняли уровень B+ (10–20% верхних позиций рейтинга) и 6 специальностей расположились на уровне B (20–30% верхних позиций рейтинга), а это: прикладная экономика, гражданское строительство, информационные и коммуникационные технологии, теория вычислительных машин и систем, защита окружающей среды и инженерное дело, менеджмент и инженерное дело.

По сравнению с бывшими тремя рейтингами специальностей в Китае позиции УУТ значительно улучшились, поднявшись до верхних 2% практи-

чески с нуля. Вместе с тем, число специальностей, занимающих верхние 10–20% строчек, выросло с 0 до 4, из 20–30% верхних строчек – с 4 до 6. Такие специальности, как материаловедение и инженерное дело, машиностроение, транспортная инженерия, теория марксизма и прикладная экономика, показали заметные результаты.

В связи с тем, что в 2000 году появились три школы в рамках реализации государственных крупномасштабных проектов, таких как «Государственный проект 211» и «985 Инновационная платформа для высших специальностей», значимость специальности «Материаловедение и инженерное дело» в рамках факультета, научных изысканий, подготовки инновационных кадров и международного сотрудничества значительно выросла. За последние несколько лет важность специальности и ее уровень были расширены, подняв ее с 22 места в рейтинге в 2002 году до 5 места в 2012 и до 3 места в текущем году. За 70 лет обучения по этой специальности для страны были подготовлены высококвалифицированные кадры для строительства и индустрии производства строительных материалов и получены более 100 научно-технических достижений. Все это стало историческим вкладом в развитие национальной индустрии стройматериалов, обеспечивая ее стабильный рост для занятия ведущего положения в мировом производстве строительных материалов.

Государственная ключевая лаборатория перспективных технологий синтеза и обработки материалов

Государственная ключевая лаборатория перспективных технологий синтеза и обработки материалов (кратко ГКЛ) – это государственная лаборатория в области передовых материалов, основанная Государственным плановым комитетом в УУТ в 1987 г. ГКЛ находится под руководством Министерства науки и технологий КНР. В настоящий момент научный комитет ГКЛ возглавляет член Китайской академии наук профессор Гу Бинглин и нынешний директор ГКЛ профессор Эфу Дженьги.

Деятельность ГКЛ направлена на передовые достижения в материаловедении и выполнение государственных заказов в этой области. В ГКЛ занимаются созданием высококачественных композитных материалов и разработкой стратегически важных материалов с целью их использования в национальной системе обороны и развивающихся промышленностях для обеспечения политики государства; ГКЛ проводит нестандартные и системные исследования мирового опыта в трансформативных технологиях и новейших материалов, а также в междисциплинарных областях, выполняя международные разработки некоторых ключевых новей-

ших материалов; ГКЛ является ведущей лабораторией по подготовке высококвалифицированных специалистов по материаловедческим специальностям и инженерному делу с научными изысканиями. ГКЛ развивает международную культуру инновационного сотрудничества, проводя совместные межгосударственные исследования для расширения сотрудничества с другими странами, влияния отечественной культуры и ее привлекательности в мире.

Фокусируясь на общих целях и задачах, ГКЛ создает и разрабатывает многокомпонентную, разномасштабную и многоуровневую теорию проектирования материалов. Она станет важным руководством для разработки технологии градиентных композитных материалов, технологии композитных сборных материалов, технологии нанокомпозитов и интегрированной инновационной платформы в качестве главной опоры. Она также позволит изучать перспективные композитные материалы для улучшения военного оснащения и вооружения, материалы, способствующие рациональному использованию энергетических ресурсов для новых энергоэффективных технологий, нанокомпозитные биоматериалы для медико-биологических наук, функциональные материалы для информационных технологий и трансформационно-ориентированных технологий. ГКЛ определил 5 научных направлений исследований: градиентные композиционные технологии и новые материалы, технологии композитных сборных материалов, нанокомпозитные технологии и новые материалы, преобразующие технологии и передовые материалы, проектирование материалов и основы композитных материалов.

В ГКЛ работают 103 штатных научных сотрудника, 1 академик Китайской академии наук, 2 академика Китайской инженерной академии, 1 академик Бельгийской королевской академии наук и Европейской академии наук, 1 академик Международной академии керамики, 12 почетных иностранных экспертов, 1973 научных руководителей программ, 5 стипендиатов Фонда подготовки талантливой молодежи, 4 ведущих специалиста из Национальной программы десяти тысяч специалистов, 7 победителей премии Pacesetter Engineering in the New Century, 5 стипендиатов премии Ченг Конг и 18 победителей Проекта поддержки высококлассных специалистов нового века Министерства образования. Это команда, вдохновленная инновациями и созидательным процессом. ГКЛ мотивирует молодых ученых посещать знаменитые международные университеты или исследовательские институты в целях установления сотрудничества. За последнее время лаборатория отправила более 20 молодых специалистов для участия в совместных исследованиях за границу.

ГКЛ установило взаимовыгодное сотрудничество со всемирно известными научными институтами: Мичиганским университетом, Японским агентством авиакосмических технологий, Институтом металлов университета Тохоку в Японии, Центром материаловедения Оксфордского университета в Великобритании, Научным центром композитных материалов Калифорнийского университета и Национальным институтом исследования топливных элементов в Канаде. На основе ГКЛ Министерство науки и технологий основал Международную лабораторию новых материалов и комплексных технологий, которая стала одним из первых филиалов из 33 международных совместных лабораторий в Китае. Руководство Министерства международного сотрудничества и Министерства образования учредили Базу инноваций и знаний для новых технологий создания композитных материалов и улучшенных функциональных материалов, а также для усовершенствованной технологии производства и разработки инженерных решений новых функциональных тонких пленочных материалов. ГКЛ основал совместную нанолабораторию между УУТ и Гарвардским университетом, совместную лабораторию новых энергоносителей и технологий между УУТ и Мичиганским университетом, комплексную лабораторию разномасштабных технологий композиционных материалов между УУТ и Лабораторией улучшенной композитной керамики Оксфорда. Опираясь на указанные международные исследовательские площадки, ГКЛ приняло участие в целой серии совместных международных проектов.

На площади 25 350 кв.м. ГКЛ расположено необходимое оборудование для синтеза и обработки улучшенных материалов и для проведения структурного анализа материалов, испытаний их эксплуатационных характеристик общей стоимостью около 22 538 млн юаней.

Контактная информация

Address: 122 Luoshi Road, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P. R. China
Postal Code: 430070
Supporting Institution: Wuhan University of Technology
Tel: 86-27-87884448; Fax: 86-27-87879466
E-mail: sklwut@whut.edu.cn
Contacts: Zhao Xiang, Zhou Lihua

R

PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666
UDC 697.97+614.844: 614.838

«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions

Author:

Valery V. Belozerov,
Professor of the Department «Automation of production processes»,
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
e-mail: safeting@mail.ru

Abstract: One of the global problems in the world is the protection of humanity from fires, 70% of which occur in high-rise residential buildings and individual houses. The article presents the application of the methodology of «intellectualization» of household electrical appliances for split systems to control dangerous factors of fire and explosion (DFFE) from household gas leaks in apartment buildings and individual houses. The principal difference of the proposed modification is that, firstly, a multi-split-system with two or three internal blocks is used, one of which is to be installed in the kitchen and is connected to the gas meter with an electromagnetic valve to block the supply of household gas. Secondly, the «kitchen block» disconnects the power supply in the apartment/individual house, in the apartment/individual house, when detecting DFFE with help of powerful triac or magnetic starter, which is mounted in the electrical panel of the apartment/individual house. And thirdly, a battery and converter are integrated in each indoor unit to ensure their operation when power is turned off, and to charge the unit when power is supplied. Fourthly, in addition to smoke, heat and gas sensors, a thermomagnetic air separator is built into each indoor unit, which is turned on when detects dangerous fire and explosion factors from the pumped air, separates and removes oxygen to the outside, returning only inert gas to the room and thereby preventing explosion or fire spread. The controller, including the thermomagnetic air separator, generates an audible alarm for residents and an SMS call to the corresponding emergency service.

The results prove the effectiveness of nanotechnology of gas separation and detection of DFFE in multi-split-systems, not only for ventilation and air conditioning of apartments in high-rise buildings and individual houses, but also for their fire protection.

Keywords: Split system, thermomagnetic separator of air, dangerous factors of the fire and explosion, gas separation, gas meter, solenoid valve.

For citation: Belozerov V.V. «Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 650–666. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 650–666. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Belozerov V.V. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="safeting@mail.ru" rel="cc:morePermissions">safeting@mail.ru.

The paper has been received by editors: 10.11.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 27.11.2019.
The paper has been accepted for publication: 30.11.2019.

«Интеллектуальная» система вентиляции и кондиционирования воздуха в квартирах многоэтажных зданий и в индивидуальных жилых домах с нанотехнологиями защиты от пожаров и взрывов

Автор:

Белозеров Валерий Владимирович,
профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов»,
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия,
e-mail: safeting@mail.ru

Резюме: Одной из глобальных проблем в мире является защита человечества от пожаров, 70% которых происходит в жилых многоэтажных зданиях и индивидуальных жилых домах. В статье представлено применение методологии «интеллектуализации» бытовых электроприборов для сплит-систем на предмет контроля опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) от утечек бытового газа в многоквартирных жилых зданиях и индивидуальных жилых домах. Принципиальное отличие предлагаемой доработки заключается в том, что, во-первых, используется мульти сплит-система с двумя или тремя внутренними блоками, один из которых в обязательном порядке устанавливается на кухне и стыкуется с газовым счетчиком, имеющим электромагнитный клапан перекрытия подачи бытового газа. Во-вторых, «кухонный блок» отключает электропитание в квартире / индивидуальном доме, при обнаружении ОФПВ с помощью мощного симистора или магнитного пускателя, который монтируется в электрическом щите квартиры /индивидуального дома. В-третьих, в каждый внутренний блок встраивается аккумулятор с соответствующим преобразователем, обеспечивающим их работу при отключении электроэнергии, а также заряжающий его при её наличии. В-четвертых, помимо дымового, теплового и газового датчиков, в каждый внутренний блок встраивается термомагнитный сепаратор воздуха, который включается при обнаружении ОФПВ и из прокачиваемого воздуха отделяет и выводит наружу кислород, возвращая в помещение только инертный газ и обеспечивая тем самым предотвращение взрыва или распространения пожара. Контроллер, включая термомагнитный сепаратора воздуха, формирует звуковой сигнал тревоги для жильцов и SMS-вызов соответствующей аварийной службы.

Полученные результаты доказывают эффективность применения нанотехнологий газоразделения и обнаружения ОФПВ в мульти сплит-системах не только для вентиляции и кондиционирования в квартирах многоэтажных зданий и в индивидуальных жилых домах, но и для их пожаровзрывозащиты.

Ключевые слова: сплит-система, внутренний блок, термомагнитный сепаратор воздуха, опасные факторы пожара и взрыва, газоразделение, газовый счетчик, электромагнитный клапан.

Для цитирования: Белозеров В.В. «Интеллектуальная» система вентиляции и кондиционирования воздуха в квартирах многоэтажных зданий и в индивидуальных жилых домах с нанотехнологиями защиты от пожаров и взрывов // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 650–666. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 650–666. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Belozerov V.V. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="safeting@mail.ru" rel="cc:morePermissions">safeting@mail.ru.

Статья поступила в редакцию: 10.11.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 27.11.2019.
Статья принята к публикации: 30.11.2019.

INTRODUCTION

Today, almost every residential building or apartment (Fig. 1) uses split-systems, which create comfortable conditions for staying in the rooms where the indoor unit is installed.

It is obvious that no legal laws, technical requirements and rules can not anticipate the constantly changing danger of the objects of the technosphere (fire, electrical, mechanical, etc.) and our environment (geosphere, biosphere, atmosphere, etc.). Only monitoring, i.e. the use of hardware and software that monitors and promptly warns of an increase in danger above an acceptable level can change the current global trend of increasing accidents, fires and other emergencies (ES), as well as losses from them [1].

Statistical studies of fires in southern Russia over the past 15 years have shown that the largest number of fires (70%) occurs in the residential sector, 42.41% of which occurs in rooms, kitchens, corridors and toilet rooms of apartments and individual houses (Fig. 2) due to gas and electrical causes and the ignition sources (Fig. 3), as well as due to the careless handling of fire [2].

Fig. 1. **Split system in a high-rise (a) and individual (b) residential building**

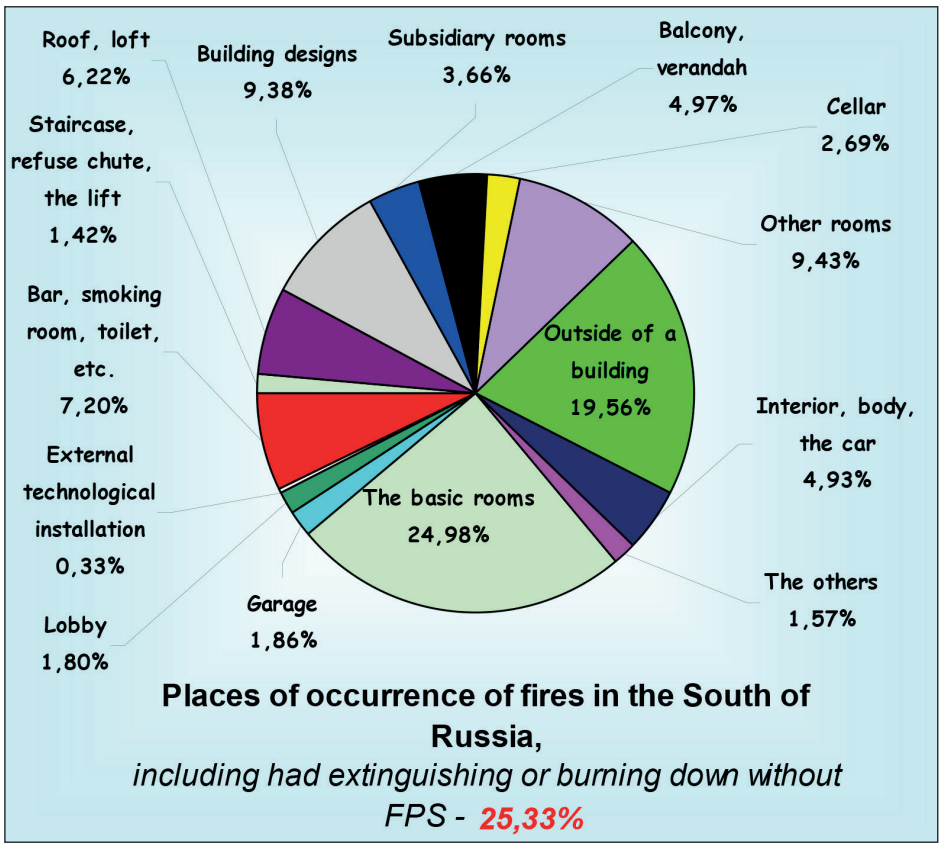


Fig. 2. **Fire statistics by their place of ignition sources**

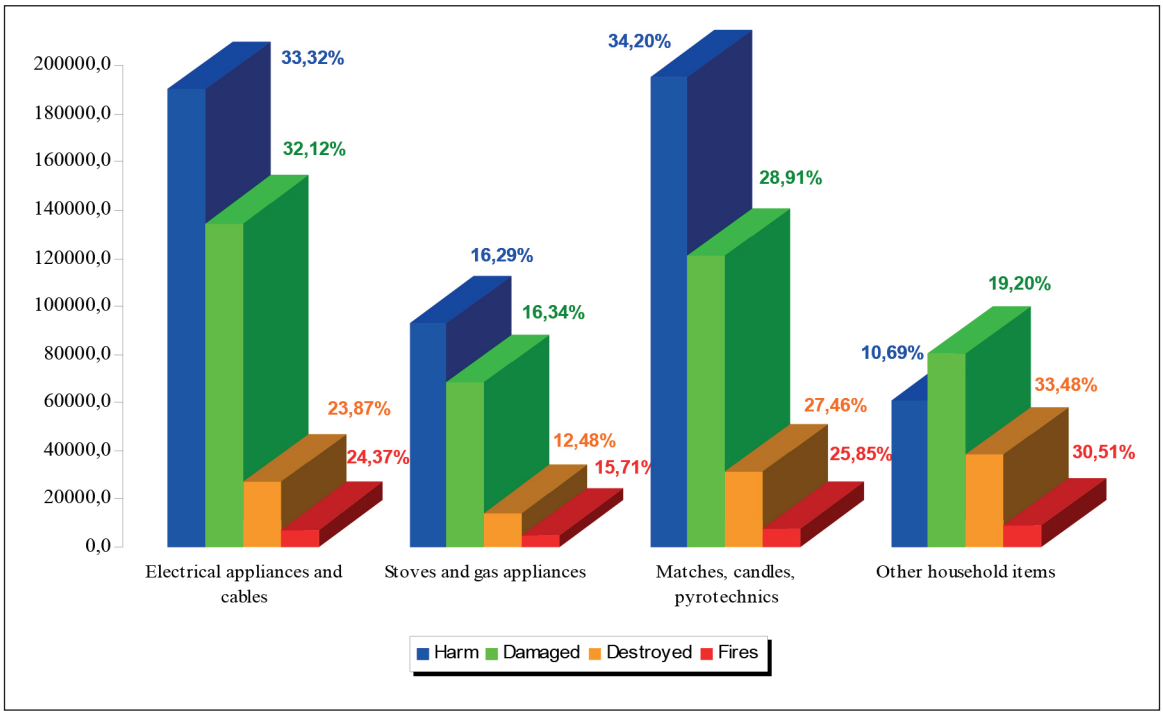


Fig. 3. **Statistics of sources of fires and explosions**

As it follows from the histogram (Fig. 3), about 75% of fires arise from gas appliances and stoves, household electrical appliances and careless handling of fire. including about half of them – for electrical reasons [1, 2].

Therefore, modification of domestic appliances (televisions, refrigerators, air conditioners, etc.) into standalone fire detectors can make it possible **to detect 65.93% of fires in the residential sector at an early stage**, and, consequently, to reduce twice the consequences from them [2, 3], that is:

– to reduce 41.9% of direct material harm,
– to keep intact 33.7% of the areas,
– to prevent the destruction of 31.9% of the areas.

Nanotechnology of intellectualization

Development of nanotechnology «intellectualization of household electrical appliances» that could detect hazard failures in them and control dangerous factors of fire and explosion (DFFE) in the premises where they are installed, started 15 years ago (for refrigerators, televisions, electricity meters, etc.), by developing and using smoke detectors and modules of thermionic protection in them, which prevented their own ignition by disconnecting from the power grid, and provided an alert over the radio channel of the fire service in case of fire [1–10].

Use of these nanotechnologies in split systems for these purposes is the most effective way for the following reasons [11–14]:

– firstly, the internal unit of the split-system «pumps through itself» the air from the room where it is installed, as the fastest aspiration fire detectors do, using special piping laid to each protected room,
– secondly, the split-system is controlled by a controller installed in the indoor unit, to which smoke, heat and gas sensors are easily connected, as well as the GSM modem, to alert emergency services,
– thirdly, it is easy in indoor units to build in a thermomagnetic separator of air (TMSA), which extracts oxygen (paramagnetic) from the «pumped air». Oxygen can be brought out of the house through the drainage channel, and nitrogen and rest inerts gases (diamagnetic) can be returned to protected rooms, thus performing suppression of DFFE by phlegmatization and lowered oxygen concentration to a level at which combustion and explosion are impossible, as it is done by gas extinguishing installations.

As follows from the conducted research [2, 5, 7, 11], this model of split-system-fire-detector (SSFD) was created, and included the protection of the device itself from fire-hazardous failures with the help of thermionic protection modules and of an autonomous smoke detector (DIP) with a GSM-modem in the internal unit of SSFD [12–14].

It was proved (tab. 1, 2) that in this case, with a small decrease in the technical resources of the split-system units, their fire-safe resources increase by an order of magnitude and become commensurate with their technical resources [2–8].

Thus, for the internal unit a reduction of the technical resource up to 10 years was obtained, and an increase of fire-safe resource – up to 40 years (Table 1).

For the external unit, the technical resource decreased to 8 years, and its fire-safe resource increased to 3 years (Table 2).

Scientists of Rostov State University, within the framework of the Grant on motor vehicle safety [15], developed nanotechnology for thermomagnetic air separation [16] and obtained a RF patent for an invention of thermomagnetic separator of air (TMSA) [17].

TMSA is a pipe coiled into a spiral (Fig. 4), on the outside of which permanent magnets are installed, and on the inside – Azarov's vortex coolers [18]. A nanopartition made of porous aluminum (Fig. 5) is installed along the TMSA channel, dividing it into «paramagnetic» (oxygen) and «diamagnetic» subchannels (with inert gases: nitrogen, carbon dioxide, etc.), preventing the back diffusions of gases [15, 17].

TMSA, which in this case is a «nanogenerator of inert gas», is based on the gas motion equation (Euler equation) in a magnetic field, through ν is the gas velocity vector

Table 1

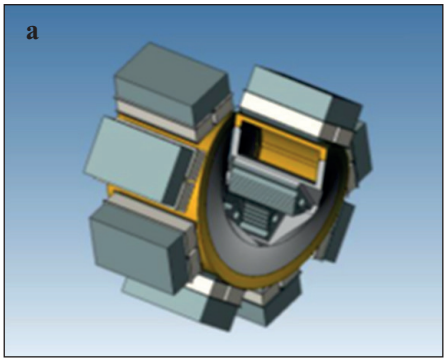
Technical and fireproof resource of the indoor unit with protection

Product, unit, class and type of ERE	Average value in the product				Average intensity in the group				Probability in the group of					
	Ignition temperature	Electr. load	Terminals	Numberof ERE	Failures rated	Failures actual	Inflammations	Firehazard	Shorting	Breaking of wire	El. breakdown	Inflammation	Spreadingof fire	Fire
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Indoor unit, including:	**250,90**			**125**		**8,82E-06**						**2,79E-06**		**7,22E-09**
Diodes	256,3	0,35	2	16	2,10E-07	2,92E-06	1,68E-08	2,54E-07	0,047	0,264	0,040	1,10E-06	2,22E-03	2,45E-09
Resistors	253,0	0,55	2	58	4,50E-08	1,08E-06	1,87E-09	2,92E-08	0,027	0,192	0,000	1,23E-07	2,56E-04	3,14E-11
Transistors	316,1	0,35	3	11	8,40E-07	2,56E-06	4,20E-09	7,87E-07	0,077	0,227	0,230	2,76E-07	6,88E-03	1,90E-09
Capacitors	224,3	0,60	2	33	5,20E-08	7,06E-07	4,57E-09	1,45E-07	0,130	0,000	0,075	3,00E-07	1,27E-03	3,80E-10
Optical electronic devices	256,3	0,35	2	4	2,10E-07	7,30E-07	4,20E-09	6,35E-08	0,047	0,264	0,040	2,75E-07	5,56E-04	1,53E-10
Transformers	316,1	0,80	8	1	1,00E-06	2,48E-07	2,27E-09	1,98E-07	0,500	0,100	0,300	1,49E-07	1,7E-03	2,59E-10
Microcircuits	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	3,64E-08	9,94E-05	3,62E-12
Ventilator	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	5,30E-07	3,86E-03	2,04E-09
Thermoelectronic protection modules MT-2, including:		**12**		**8,57E-07**						**2,04E-05**		**2,24E-09**		
– microcircuits	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	4,87E-06	9,94E-05	4,84E-10
– thyristors	507,8	0,35	3	1	5,00E-07	1,18E-07	3,36E-10	1,02E-08	0,047	0,264	0,040	2,95E-06	8,97E-05	2,64E-10
– stabilitrons	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,20E-06	1,39E-04	1,28E-09
– resistors	253,0	0,55	2	5	4,50E-08	9,34E-08	1,61E-10	2,52E-09	0,027	0,192	0,000	1,41E-06	2,21E-05	3,12E-11
– capacitors	224,3	0,60	2	2	5,20E-08	2,18E-08	1,41E-10	4,48E-09	0,130	0,000	0,075	1,24E-06	3,92E-05	4,86E-11
– plug and socket units	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,56E-07	1,58E-04	7,22E-11
– pozistor	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,32E-07	3,31E-11	2,20E-08	0,095	0,000	0,000	2,90E-07	1,93E-04	5,61E-11
Wiring	232,5	0,65	1	12	1,50E-08	6,60E-08	9,41E-10	1,27E-08	0,192	0,027	0,000	6,17E-08	1,11E-04	6,85E-12
Soldered junctions	274,6	0,65	1	331	2,00E-08	1,60E-06	2,49E-08	8,02E-07	0,400	0,400	0,100	1,63E-06	7,01E-03	1,14E-08
For the product as a whole:				**149**		**1,13E-05**						**2,49E-05**		**2,09E-08**
Standard deviation						8,7E-07								2,7E-09
Reliability / fire resistance:			**0,89843329**				**0,99999998**							
Technical/ fire-safe life time (years):			**9,34**	**- : -**	**10,89**				**42,4**	**- : -**	**54,9**			

Table 2

Technical and fireproof resource of the external unit with protection

Product, unit, class and type of ERE	Average value in the product				Average intensity in the group				Probability in the group of					
	Ignition temperature	Electr. load	Terminals	Number of ERE	Failures rated	Failures actual	Inflammations	Fire hazard	Shorting	Breaking of wire	El. breakdown	Inflammation	Spreading of fire	Fire
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
External unit, icluding:	**255,59**			**181**		**1,03E-05**						**3,86E-06**		**2,03E-07**
Resistors	253,0	0,55	2	86	4,50E-08	1,61E-06	2,77E-09	4,34E-08	0,027	0,192	0,000	2,57E-07	3,80E-04	9,78E-11
Capacitors	224,3	0,60	2	63	5,20E-08	1,70E-06	1,10E-08	3,48E-07	0,130	0,000	0,075	1,02E-06	3,04E-03	3,10E-09
Transistors	316,1	0,35	3	7	8,40E-07	1,63E-06	2,67E-09	5,01E-07	0,077	0,227	0,230	2,48E-07	4,38E-03	1,09E-09
Diodes	256,3	0,35	2	13	2,10E-07	2,37E-06	1,36E-08	2,06E-07	0,047	0,264	0,040	1,27E-06	1,81E-03	2,29E-09
Pozistor	507,8	0,65	5	7	1,25E-06	1,64E-06	2,34E-10	1,56E-07	0,095	0,000	0,000	2,17E-08	1,36E-03	2,96E-11
Relay /Starter	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,73E-07	3,89E-11	2,59E-08	0,095	0,000	0,000	3,61E-09	2,27E-04	8,21E-13
Optical electronic devices	256,3	0,35	2	3	2,10E-07	5,47E-07	3,15E-09	4,76E-08	0,047	0,264	0,040	2,92E-07	4,17E-04	1,22E-10
Ventilator	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	7,50E-07	3,86E-03	2,89E-09
Thermoelectronic protection modules MT-1, including:		**13**		**1,21E-06**						**2,07E-07**		**1,05E-10**		
– transistors	316,1	0,35	3	2	8,40E-07	4,66E-07	7,64E-10	1,43E-07	0,077	0,227	0,230	7,09E-08	1,25E-03	8,89E-11
– stabilitrons	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,74E-08	1,39E-04	1,36E-11
– resistors	253,0	0,55	2	7	4,50E-08	1,31E-07	2,26E-10	3,53E-09	0,027	0,192	0,000	2,09E-08	3,09E-05	6,48E-13
– capacitors	224,3	0,60	2	1	5,20E-08	1,09E-08	7,06E-11	2,24E-09	0,130	0,000	0,075	6,56E-09	1,96E-05	1,29E-13
– plug and socket units	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,83E-09	1,58E-04	7,64E-13
– relay / starter	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,34E-07	6,39E-11	2,22E-08	0,095	0,000	0,000	5,93E-09	1,95E-04	1,15E-12
Wiring	232,5	0,65	1	7	1,50E-08	3,85E-08	5,49E-10	7,39E-09	0,192	0,027	0,000	5,09E-08	6,48E-05	3,30E-12
Soldered junctions	274,6	0,65	1	405	2,00E-08	3,59E-06	1,33E-07	1,79E-06	0,400	0,400	0,100	1,24E-05	1,56E-02	1,93E-07
For the product as a whole:				**201**		**1,52E-05**								**3,95E-07**
Standard deviation						1,0E-06								4,7E-08
Reliability / fire resistance:			0,86794895				0,99999956							2,7E-09
Technical/ fire-safe life time (years):			**7,06**	**- : -**	**8,06**				**2,26**	**- : -**	**2,87**			
Technical/ fire-safe life time (years):			**9,34**	**- : -**	**10,89**				**42,4**	**- : -**	**54,9**			



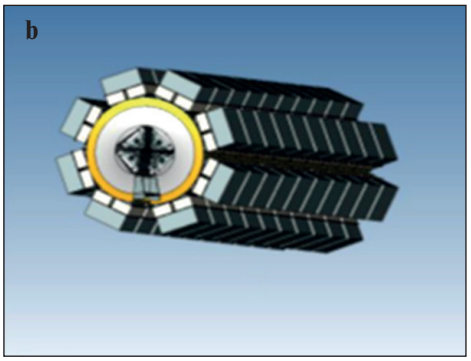


Fig. 4. **TMSA:**
a) single turn;
b) separator assembly

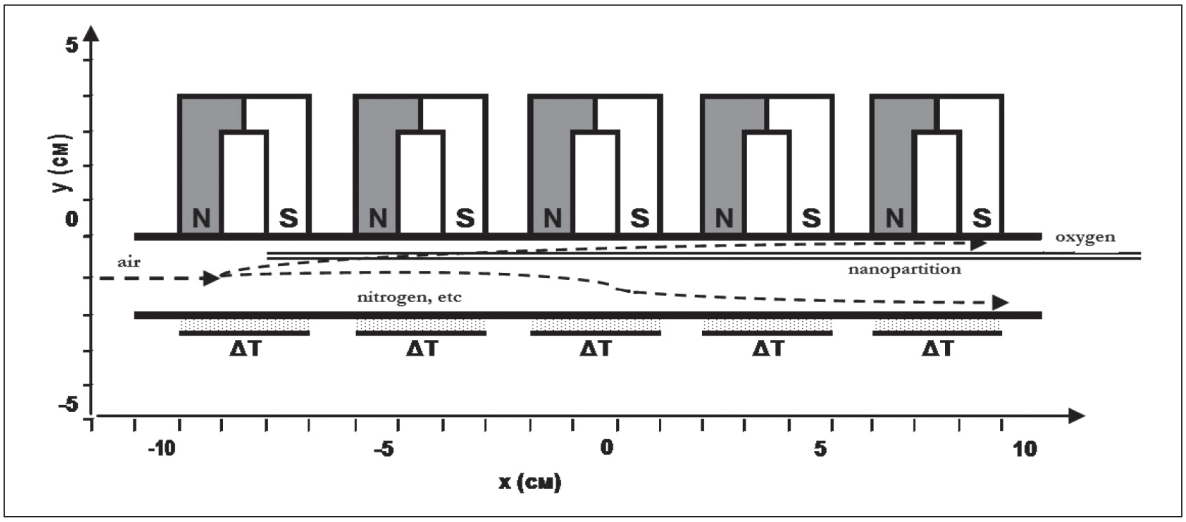


Fig. 5. **Layout of magnets, coolers and nano-bulkheads**

field, its density is ρ and pressure is p, α is magnetic polarization and H is magnetic field strength [16, 17]:

$$\rho \cdot (\partial v/\partial t + (v \cdot \nabla) \cdot v) = -grad(p) - \rho \cdot grad(-(\alpha H^2/2m)). \quad (1)$$

Substituting the equation of state of an ideal gas $pV = NkT$ into formula (1), and expressing the density of the gas through its pressure $p = nkT = \rho kT/m$, we obtain the expression for the density of gas molecules in the form of the Boltzmann distribution

$$\rho = \rho_0 \exp(\alpha H^2/2kT) = \rho_0 \exp(-(U/kT)), \quad (2)$$

where $U = -\alpha H^2/2$ potential energy of a single gas molecule with paramagnetic or diamagnetic properties located in an external inhomogeneous magnetic field

Oxygen is the paramagnetics, in connection with that, the magnetic polarization of the individual molecule is α-positive ($+3396 \cdot 10^{-6}$), and the rest atmospheric gases are diamagnetics, including nitrogen ($N2 = -12 \cdot 10^{-6}$), into which the magnetic polarization of molecules is negative. Therefore, the oxygen density increases in the region of a strong magnetic field, and the density of the nitrogen component decreases, in accordance with equation (2), and to accelerate the separation of oxygen, the temperature difference between the «paramagnetic» and «diamagnetic» sub channels is maintained using Azarov's vortex air coolers [2, 18].

Therefore, it was decided to integrate the TMSA in SSPI, as well as to pair it with a household gas meter with an electromagnetic valve (Fig. 6), which, in addition to controlling from its sensor of household gas leakage, can also to shut off the supply of household gas by the controller's signal of SSPI [14].

However, an analysis of the modified SSPI, which was modified in this way, showed that the model does not fully perform the fire and explosion protection of an apartment in a high-rise building /individual residential house, for the following reasons [19]:

– firstly, it is impossible to carry out the early detection of the DFFE with the leakage of household gas in the kitchen by one indoor unit installed in the living room;
– secondly, without disconnecting the power supply of the apartment / individual house at the time of the DFFE detection, it is impossible to guarantee that the spark from the electrical installation products will not cause an explosion from the leakage of household gas;

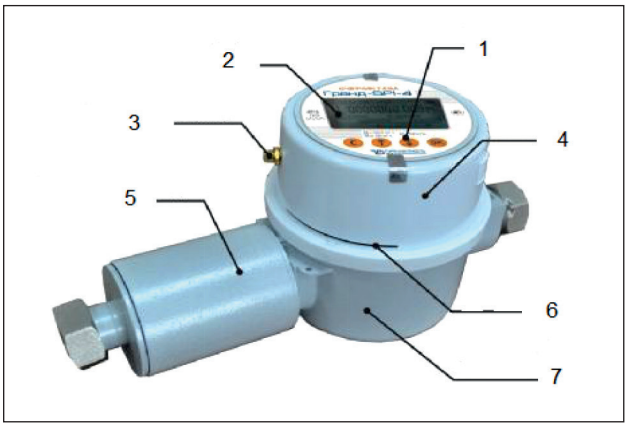


Fig. 6. **Gas meter with solenoid valve:**
1 – Keyboard; 2 – Liquid crystal indicator; 3 – GSM antenna connector; 4 – Analog-digital unit; 5 – Shut off valve; 6 – Card slot; 7 – Case

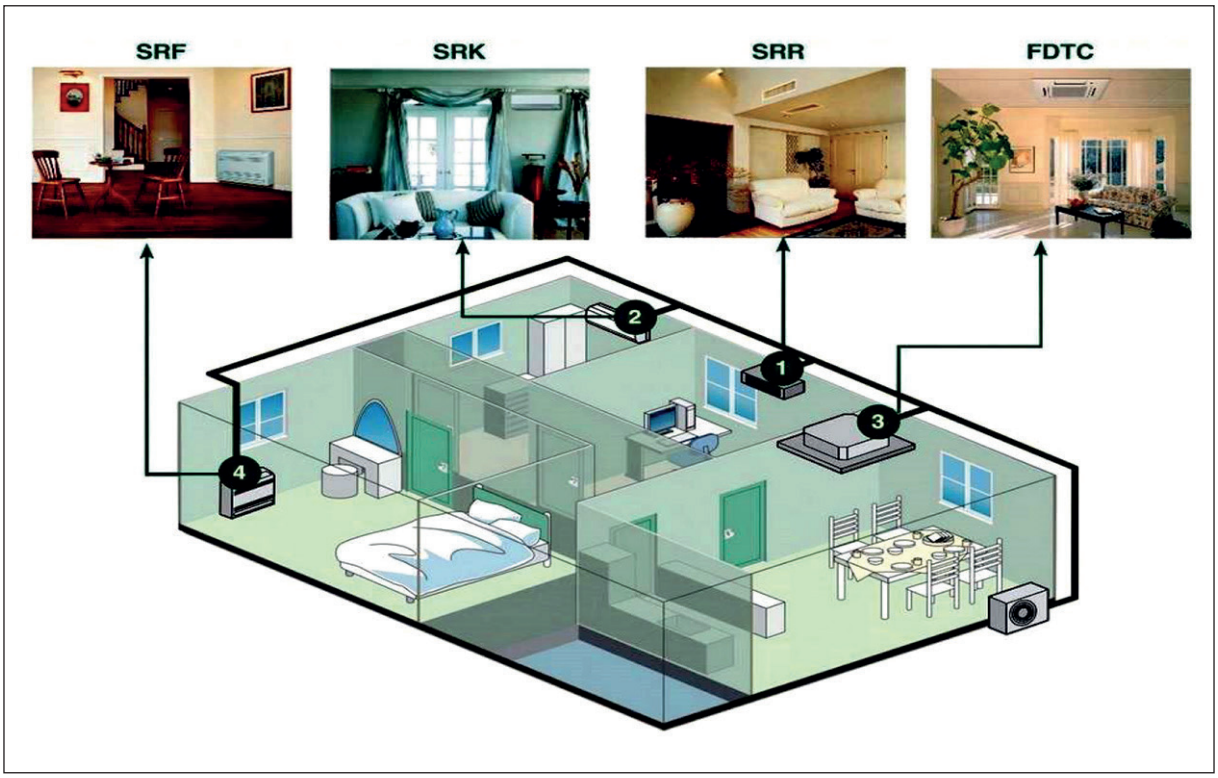


Fig. 7. **Planning of an individual house with a multi SSPI**

– thirdly, the indoor unit located in the room in which the TMSA is installed does not have time to lower the oxygen concentration in all rooms of the apartment / individual house to a level at which the explosion or propagation of fire becomes impossible.

To eliminate the above disadvantages, taking into account the release of multi-split-systems with 2 or more internal units with one – external, the model of SSPI was modified as follows (Fig. 7):

– for the implementation of early detection and suppression of DFFE, one of the indoor units with TMSA and sensors of DFFE is installed in the kitchen, and it provides for the control of a triac module or magnetic starter, which is mounted in the electrical panel and turns off the power supply in the apartment/individual house, when it is detected by DFFE;
– to provide continuous work of all the internal blocks (with sensors and TMSA), including those installed in the other rooms, when power is lost or turned off, a battery with an appropriate converter is installed in each of them, ensuring the operation of internal blocks, when power is lost and its charging, when power is available [19].

CONCLUSION

«Intellectualization» of multi-split-system by nanotechnology for the detection and suppression of DFFE, allows you to create a reliable and autonomous system protect of fire and explosion in an apartment in a high-rise residential building or in an individual house [6, 11, 19]. Moreover, the invention of a magnetic refrigerator [20] suggests that nanotechnology for magnetocaloric cooling will allow it to be integrated into the internal blocks in the future and to «get rid of» the external blocks that spoil the building facades.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня практически в каждом жилом доме или квартире (рис. 1) используются сплит-системы, которые создают комфортные условия пребывания в помещениях, где установлен внутренний блок.

Не требует особых доказательств, что никакие юридические законы, технические требования и правила не могут предвосхитить ежеминутно изменяющуюся опасность объектов техносферы (пожарную, электрическую, механическую и т.д.) и окружающей нас среды (геосферы, биосферы, атмосферы и т.д.). Только мониторинг, т.е. применение технических и программных средств, следящих и своевременно предупреждающих об увеличении опасности выше допустимого уровня, могут изменить существующую мировую тенденцию роста аварий, пожаров и других чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также потерь от них [1].

Статистические исследования пожаров на Юге России за последние 15 лет показали, что наибольшее количество пожаров (70%) происходит в жилом

Рис. 1. **Сплит-системы в многоэтажном (а) и индивидуальном (б) жилом доме**

Рис. 2. **Статистика пожаров по местам их возникновения на Юге России**

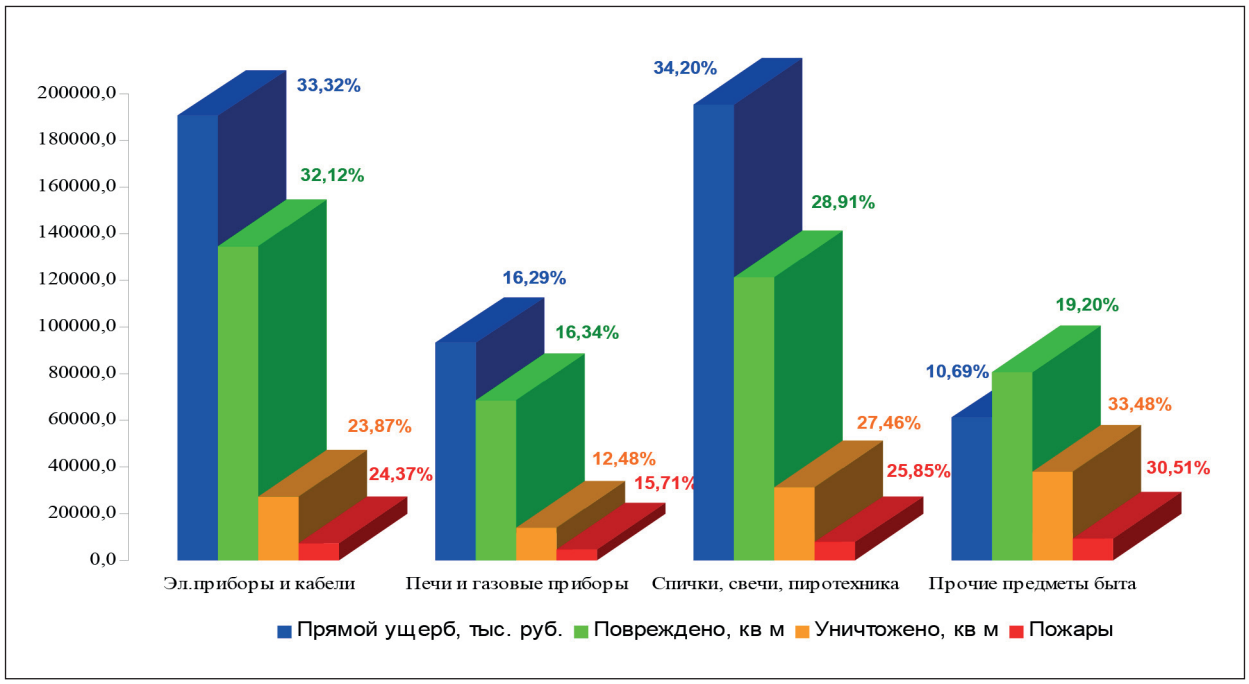


Рис. 3. **Гистограмма причин и источников пожаров и взрывов в жилом секторе Юга России**

секторе, 42,41% из которых возникает в комнатах, кухнях, коридорах и туалетных комнатах квартир и индивидуальных домов (рис. 2) по газо-электротехническим причинам и источникам их возникновения (рис. 3), а также из-за неосторожного обращения с огнем [2].

Как следует из гистограммы (рис. 3), от печей, бытовых электроприборов и неосторожного обращения с огнем возникает около 75% пожаров, в т.ч. около половины из них – по электротехническим причинам [1, 2].

Следовательно, если превратить бытовые электроприборы (телевизоры, холодильники, кондиционеры и т.д.) в автономные пожарные извещатели, то **появляется возможность обнаружить 65,93% пожаров в жилом секторе на ранней стадии**, а, следовательно, уменьшить наполовину последствия от них [2, 3], то есть:

- сократить 41,9% прямого материального ущерба,
- сохранить неповрежденными 33,7% площадей,
- предотвратить уничтожение 31,9% площадей.

Нанотехнологии интеллектуализации

Разработки нанотехнологий «интеллектуализации бытовых электроприборов» на предмет обнаружения пожароопасных отказов в них и контроля за опасными факторами пожара и взрыва (ОФПВ) в помещениях, где они установлены, были начаты 15 лет назад (для холодильников, телевизоров, электросчетчиков и т.д.) путем разработки и применения в них дымовых пожарных извещателей и модулей термоэлектронной защиты, которые предотвращали их собственное возгорание отключением от электросети и обеспечивали оповещение по радиоканалу пожарной службы в случае возникновения пожара [1–10].

Использование указанных нанотехнологий в сплит-системах для этих целей является наиболее эффективным по следующим причинам [11–14]:

- во-первых, внутренний блок сплит-системы «прокачивает через себя» воздух из помещения, где он установлен, как это делают самые быстродействующие аспирационные пожарные извещатели (с помощью специальных трубопроводов, прокладываемых в каждое защищаемое помещение);
- во-вторых, работой сплит-системой управляет контроллер, установленный во внутреннем блоке, к которому легко подключаются дымовой, тепловой и газовый датчики, а также GSM-модем, для оповещения аварийных служб;
- в-третьих, в выпускаемые сегодня внутренние блоки (потолочные, настенные и напольные) легко встроить термомагнитный сепаратор воздуха (ТМСВ), выделяющий из «прокачиваемого воздуха» кислород (парамагнетик), который по дренажному каналу можно вывести наружу дома, а в защищаемое помещение вернуть азот

с остальными инертными газами (диамагнетиками), осуществляя подавление ОФПВ путем флегматизации и понижения концентрации кислорода до уровня, при котором горение и взрыв невозможны, как это делают газовые установки пожаротушения.

Как следует из проведенных исследований [2, 5, 7, 11], такая модель сплит-системы пожарного извещателя (ССПИ) была создана и включала в себя защиту самого прибора от пожароопасных отказов с помощью модулей термоэлектронной защиты, а также установку дымового извещателя пожарного (ДИП) с GSM-модемом во внутреннем блоке ССПИ [12–14].

Было доказано (таб. 1, 2), что в этом случае при небольшом снижении технических ресурсов блоков сплит-системы их пожаробезопасные ресурсы увеличиваются на порядок и становятся соизмеримыми с их техническими ресурсами [2–8].

Так, для внутреннего блока было получено снижение технического ресурса до 10 лет, а увеличение пожаробезопасного – до 40 лет (табл. 1).

Таблица 1

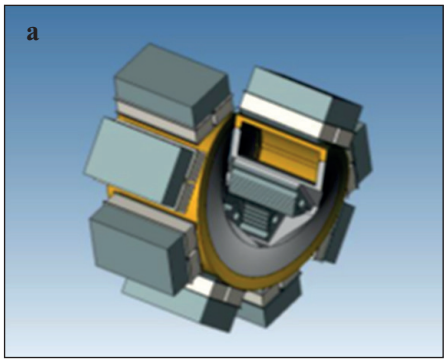
Технический и пожаробезопасный ресурс внутреннего блока с защитой

Наименование изделия, блока, класса и типа ЭРЭ	Ср. значения в изделии				Ср. интенсивность в группе				Вероятность в группе					
	Темпра воспл.	Рек. нагр.	Выводов	Кол-во ЭРЭ	Отказов номин.	Отказов фактич.	Воспламенения	Пож. опас. отказов	Кор. замык.	Обрыва	Пробоя	Воспламенения	Распр-я огня	Пожара ЭРЭ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.внутр блок, в т.ч.:	**250,90**			**125**		**8,82E-06**						**2,79E-06**		**7,22E-09**
диод	256,3	0,35	2	16	2,10E-07	2,92E-06	1,68E-08	2,54E-07	0,047	0,264	0,040	1,10E-06	2,22E-03	2,45E-09
резистор	253,0	0,55	2	58	4,50E-08	1,08E-06	1,87E-09	2,92E-08	0,027	0,192	0,000	1,23E-07	2,56E-04	3,14E-11
транзистор	316,1	0,35	3	11	8,40E-07	2,56E-06	4,20E-09	7,87E-07	0,077	0,227	0,230	2,76E-07	6,88E-03	1,90E-09
конденсатор	224,3	0,60	2	33	5,20E-08	7,06E-07	4,57E-09	1,45E-07	0,130	0,000	0,075	3,00E-07	1,27E-03	3,80E-10
оптрон	256,3	0,35	2	4	2,10E-07	7,30E-07	4,20E-09	6,35E-08	0,047	0,264	0,040	2,75E-07	5,56E-04	1,53E-10
дроссель	316,1	0,80	8	1	1,00E-06	2,48E-07	2,27E-09	1,98E-07	0,500	0,100	0,300	1,49E-07	1,7E-03	2,59E-10
микросхема	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	3,64E-08	9,94E-05	3,62E-12
вентилятор	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	5,30E-07	3,86E-03	2,04E-09
Модуль термозащиты МТ-2, в т.ч.:		**12**		**8,57E-07**						**2,04E-05**		**2,24E-09**		
– микросхемы	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	4,87E-06	9,94E-05	4,84E-10
– тиристоры	507,8	0,35	3	1	5,00E-07	1,18E-07	3,36E-10	1,02E-08	0,047	0,264	0,040	2,95E-06	8,97E-05	2,64E-10
– стабилитроны	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,20E-06	1,39E-04	1,28E-09
– резисторы	253,0	0,55	2	5	4,50E-08	9,34E-08	1,61E-10	2,52E-09	0,027	0,192	0,000	1,41E-06	2,21E-05	3,12E-11
– конденсаторы	224,3	0,60	2	2	5,20E-08	2,18E-08	1,41E-10	4,48E-09	0,130	0,000	0,075	1,24E-06	3,92E-05	4,86E-11
– разъемы	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,56E-07	1,58E-04	7,22E-11
– позистор	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,32E-07	3,31E-11	2,20E-08	0,095	0,000	0,000	2,90E-07	1,93E-04	5,61E-11
Провода	232,5	0,65	1	12	1,50E-08	6,60E-08	9,41E-10	1,27E-08	0,192	0,027	0,000	6,17E-08	1,11E-04	6,85E-12
Монтажные соединения (пайки)	274,6	0,65	1	331	2,00E-08	1,60E-06	2,49E-08	8,02E-07	0,400	0,400	0,100	1,63E-06	7,01E-03	1,14E-08
Всего по блоку:				**149**		**1,13E-05**						**2,49E-05**		**2,09E-08**
Стандартное отклонение						8,7E-07								2,7E-09
Безотказность / пожарная устойчивость:			**0,89843329**				**0,99999998**							
Технический / пожаро-безопасный ресурс, лет:			**9,34**	**- : -**	**10,89**				**42,4**	**- : -**	**54,9**			

Таблица 2

Технический и пожаробезопасный ресурс внешнего блока с защитой

Наименование изделия, блока, класса и типа ЭРЭ	Ср. значения в изделии				Ср. интенсивность в группе				Вероятность в группе					
	Темпра воспл.	Рек. нагр.	Выводов	Кол-во ЭРЭ	Отказов номин.	Отказов фактич.	Воспламенения	Пож. опас. отказов	Кор. замык.	Обрыва	Пробоя	Воспламенения	Распр-я огня	Пожара ЭРЭ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. внешний бл, в т.ч.:	**255,59**			**181**		**1,03E-05**						**3,86E-06**		**2,03E-07**
Резистор	253,0	0,55	2	86	4,50E-08	1,61E-06	2,77E-09	4,34E-08	0,027	0,192	0,000	2,57E-07	3,80E-04	9,78E-11
Конденсатор	224,3	0,60	2	63	5,20E-08	1,70E-06	1,10E-08	3,48E-07	0,130	0,000	0,075	1,02E-06	3,04E-03	3,10E-09
Транзистор	316,1	0,35	3	7	8,40E-07	1,63E-06	2,67E-09	5,01E-07	0,077	0,227	0,230	2,48E-07	4,38E-03	1,09E-09
Диод	256,3	0,35	2	13	2,10E-07	2,37E-06	1,36E-08	2,06E-07	0,047	0,264	0,040	1,27E-06	1,81E-03	2,29E-09
позистор	507,8	0,65	5	7	1,25E-06	1,64E-06	2,34E-10	1,56E-07	0,095	0,000	0,000	2,17E-08	1,36E-03	2,96E-11
реле	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,73E-07	3,89E-11	2,59E-08	0,095	0,000	0,000	3,61E-09	2,27E-04	8,21E-13
оптрон	256,3	0,35	2	3	2,10E-07	5,47E-07	3,15E-09	4,76E-08	0,047	0,264	0,040	2,92E-07	4,17E-04	1,22E-10
вентилятор	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	7,50E-07	3,86E-03	2,89E-09
Модуль термозащиты МТ-1, в т.ч.:				**13**		**1,21E-06**						**2,07E-07**		**1,05E-10**
– транзисторы	316,1	0,35	3	2	8,40E-07	4,66E-07	7,64E-10	1,43E-07	0,077	0,227	0,230	7,09E-08	1,25E-03	8,89E-11
– стабилитроны	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,74E-08	1,39E-04	1,36E-11
– резисторы	253,0	0,55	2	7	4,50E-08	1,31E-07	2,26E-10	3,53E-09	0,027	0,192	0,000	2,09E-08	3,09E-05	6,48E-13
– конденсаторы	224,3	0,60	2	1	5,20E-08	1,09E-08	7,06E-11	2,24E-09	0,130	0,000	0,075	6,56E-09	1,96E-05	1,29E-13
– разъемы	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,83E-09	1,58E-04	7,64E-13
– реле	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,34E-07	6,39E-11	2,22E-08	0,095	0,000	0,000	5,93E-09	1,95E-04	1,15E-12
Провода	232,5	0,65	1	7	1,50E-08	3,85E-08	5,49E-10	7,39E-09	0,192	0,027	0,000	5,09E-08	6,48E-05	3,30E-12
Монтажные соединения (пайки)	274,6	0,65	1	405	2,00E-08	3,59E-06	1,33E-07	1,79E-06	0,400	0,400	0,100	1,24E-05	1,56E-02	1,93E-07
Всего по блоку:				**201**		**1,52E-05**								**3,95E-07**
Стандартное отклонение						1,0E-06								4,7E-08
Безотказность / пожарная устойчивость:			**0,86794895**				**0,99999956**							
Технический / пожаро-безопасный ресурс, лет:			**7,06**	**- : -**	**8,06**				**2,26**	**- : -**	**2,87**			



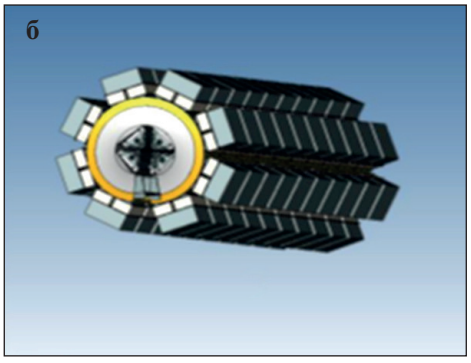


Рис. 4. **ТМСВ:**
а) – единичный виток;
б) – сепаратор в сборе

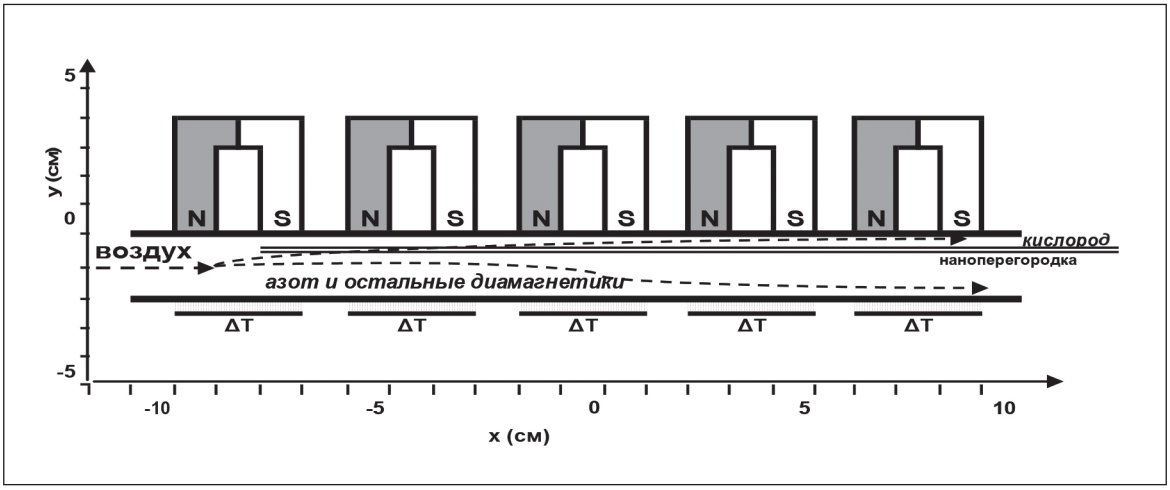


Рис. 5. **Схема расположения магнитов, охладителей и нанoперегородки**

Для внешнего блока технический ресурс уменьшился до 8 лет, а пожаробезопасный ресурс увеличился до 3 лет (табл. 2).

Учеными Ростовского государственного университета в рамках Гранта по безопасности автотранспорта [15] была разработана нанотехнология термомагнитной сепарации воздуха [16], и на термомагнитный сепаратор воздуха (ТМСВ) был получен патент РФ на изобретение [17].

ТМСВ представлял собой трубу, свернутую в спираль (рис.4), на внешней стороне которой были установлены постоянные магниты, а на внутренней – вихревые охладители Азарова [18].

Вдоль канала ТМСВ была установлена нанoперегородка из пористого алюминия (рис. 5), разделяющая его на «парамагнитный» (кислородный) и «диамагнитный» подканалы (с инертными газами – азот, углекислый газ и др.) и препятствующая обратной диффузии разделяемых газов [15, 17].

ТМСВ, являющийся в данном случае «наногенератором инертного газа», базируется на уравнении движения газа (уравнение Эйлера) в магнитном поле, через ν – поле вектора скоростей газа, его плотность – ρ и давление – p, α – магнитную поляризуемость и H – напряженность магнитного поля [16, 17]:

$$\rho \cdot (\partial \nu/\partial t + (\nu \cdot \nabla) \cdot \nu) = -grad(p) - \rho \cdot grad(-(\alpha H^2/2m)). \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) уравнения состояния идеального газа $pV = NkT$ и выражая плотность газа через его давление $p = nkT = \rho kT/m$, получим выражение для плотности молекул газа в виде распределения Больцмана

$$\rho = \rho_0 \exp(\alpha H^2/2kT) = \rho_0 \exp(-(U/kT)), \quad (2)$$

где $U = -\alpha H^2/2$ – потенциальная энергия отдельной молекулы газа, обладающей пара– или диамагнитными свойствами, находящейся во внешнем неоднородном магнитном поле.

Кислород является парамагнетиком, в связи с чем магнитная поляризация отдельной молекулы α – положительна ($+3396 \cdot 10^{-6}$), а остальные атмосферные газы являются диамагнетиками, в т.ч. азот ($N2 = -12 \cdot 10^{-6}$), у которых магнитная поляризация молекул отрицательна. Поэтому плотность кислорода возрастает в области сильного магнитного поля, а плотность азотной компоненты уменьшается в соответствии с уравнением (2), а для ускорения отделения кислорода между «парамагнитным» и «диамагнитным» подканалами поддерживается разность температур с помощью вихревых воздухоохладителей Азарова [2, 18].

Поэтому было решено интегрировать ТМСВ в ССПИ, а также осуществить его сопряжение со счетчиком на бытовой газ с электромагнитным клапаном (рис. 6), который, помимо управления им от собственного датчика утечки газа, может перекрыть подачу газа и по сигналу контроллера ССПИ [14].

Однако анализ модифицированной таким образом ССПИ показал, что модель не выполняет в полном объеме пожаро-взрывозащиту квартиры в многоэтажном здании/индивидуальном жилом доме, по следующим причинам [19]:

– во-первых, одним внутренним блоком, который устанавливается в жилой комнате, невозможно осуществить раннее обнаружение опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) при утечке бытового газа на кухне;
– во-вторых, без отключения электроснабжения квартиры/индивидуального дома в момент обнаружения ОФПВ невозможно гарантировать, что

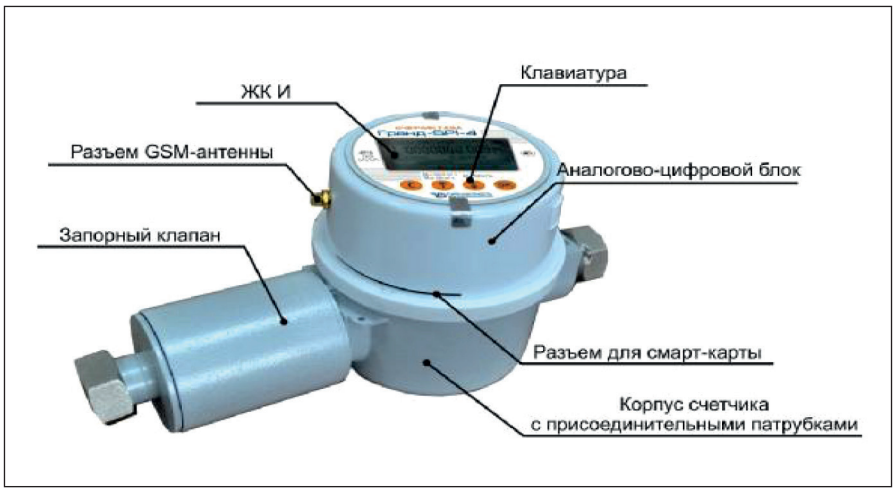


Рис. 6. **Газовый счетчик с электромагнитным клапаном**

от искры в электроустановочных изделиях взрыв от утечки бытового газа не произойдет;
– в-третьих, расположенный в комнате внутренний блок, в котором установлен ТМСВ, не успевает понизить концентрацию кислорода во всех помещениях квартиры/индивидуального дома до уровня, при котором взрыв или распространение огня становятся невозможными.

Для устранения указанных выше недостатков, принимая во внимание выпуск мульти сплит-систем с 2-я и более внутренними блоками при одном внешнем, модель ССПИ была доработана следующим образом (рис. 7):
– для осуществления раннего обнаружения и подавления ОФПВ один из внутренних блоков с ТМСВ и датчиками ОФПВ устанавливается

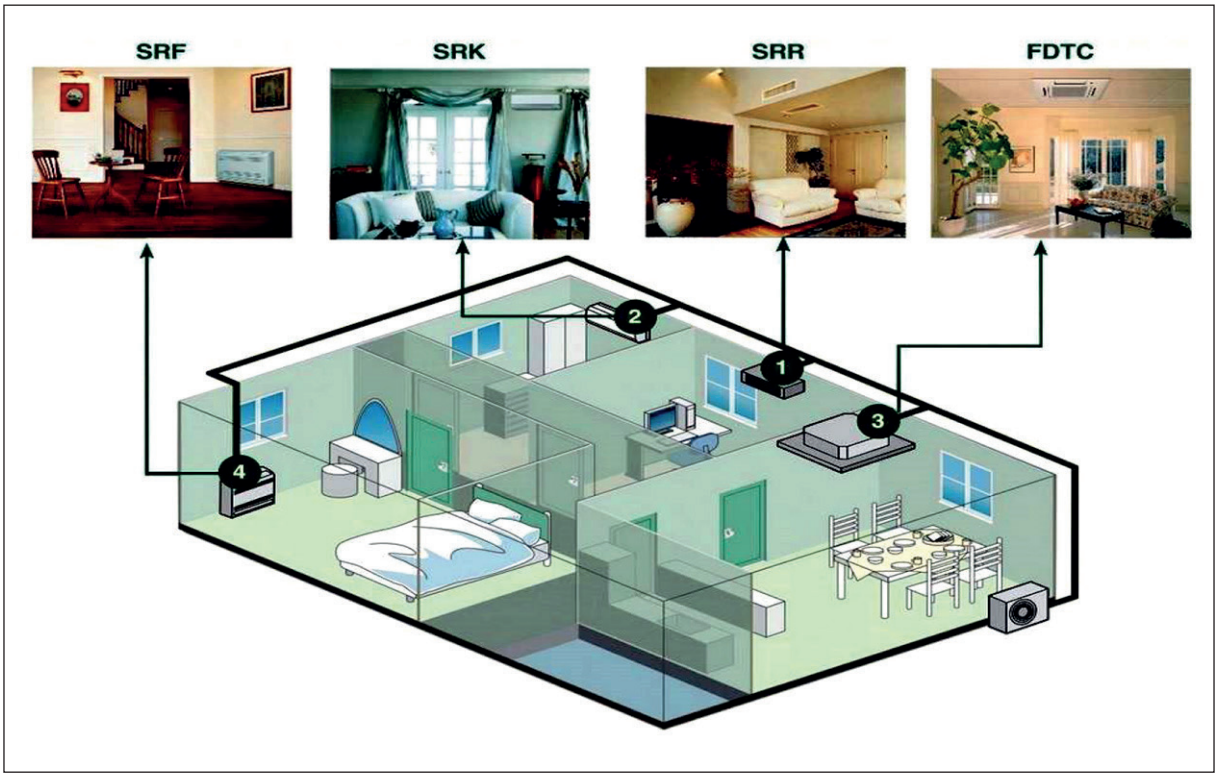


Рис. 7. **Планировка индивидуального дома с мульти ССПИ**

на кухне, и в нем предусматривается управление симисторным модулем или магнитным пускателем, который монтируется в электрощите и отключает электроснабжение в квартире/индивидуальном доме при обнаружении ОФПВ;
– для того, чтобы все внутренние блоки (с датчиками и ТМСВ), в т. ч. в других комнатах продолжали работать при пропадании или отключении электроэнергии, в каждый из них встраивается аккумулятор с соответствующим преобразователем, обеспечивающим работу внутреннего блока при пропадании электроэнергии и его зарядку при ее наличии [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Интеллектуализация» мульти сплит-системы нанотехнологиями обнаружения и подавления ОФПВ позволяет создать надежную и автономную систему пожаровзрывозащиты квартиры в многоэтажном жилом здании или в индивидуальном доме [6, 11, 19]. Более того, изобретение магнитного холодильника [20] дает основание утверждать, что нанотехнология магнитокалорического охлаждения позволит в будущем интегрировать его во внутренние блоки и «навсегда избавиться» от внешних блоков, портящих фасады зданий.

REFERENCES

1. Boguslavsky E.I., Belozerov V.V., Boguslavsky N.E. Prognozirovanie, ocenka i analiz pozharnoj bezopasnosti [Prediction, assessment and analysis of fire safety]. Rostov on Don: RGSU, 2004. 151 p. (In Russian).
2. Belozerov V.V. Metody, modeli i sredstva avtomatizacii upravlenija tehnosfernoj bezopasnost'ju [Methods, models and automation tools for managing technosphere safety]. Doctorate thesis. Moscow: AGPS of the Ministry of Emergencies of Russia, 2012. 422 p. (In Russian).
3. Belozerov V.V., Teterin I.M., Topolsky N.G. [Modular safety systems for electrical appliances]. Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti [Technosphere safety technologies]. 2005. No. 4. 3 p. Available at: http://academygps.ru/ttb (In Russian).
4. Belozerov V.V., Prus Yu.V., Topolsky N.G., Teterin I.M. Intellektualizacija sistem bezopasnosti jelektrotehnicheskih ustrojstv [Intellectualization of security systems for electrical devices]. Problemy upravlenija bezopasnost'ju slozhnyh sistem: mat-ly 13-j mezhdunar. konf. [Problems of security management of complex systems: materials of the 13th int. Conf]. Moscow: IPU RAS, 2005, p. 121–125. (In Russian).
5. Belozerov V.V., Oleinikov S.N. About synergetic management of fire safety of living. European Science and Technology: materials of the international research and practice conference – Wiesbaden, Germany, 2012, pp. 180–185.
6. Belozerov V.V., Borkov P.V., Kobeleva S.A., Klyshnikov A.A., Oleinikov S.N., Nasyrov R.R., Daminev R.R. Novye tehnologii i materialy v proizvodstve i stroitel'stve: voprosy proektirovanija, razrabotki i vnedrenija [New technologies and materials in production and construction: design, development and implementation issues]. Moscow. Pero Publishing House, 2012. 123p. (In Russian).
7. Kulyagin I.A. Analiz jekspluatacionnogo i pozharobezopasnogo resursov split-sistem s modulem termojelektronnoj zashhity [Analysis of operational and fire-safe resources of split systems with a thermoelectronic protection module]. Student's Scientific Forum–2018: Materials of the VIII International Student's Electronic Scientific Conference. URL: https://scienceforum.ru/2018/article/2018008532 (In Russian).
8. GOST 12.1.004 Pozharnaja bezopasnost'. Obshhie trebovanija [Fire safety. General requirements]. Moscow: Publishing house of standards, 1992. 77 p. (In Russian).
9. Bakanov V.V. Dymovoj pozharnyj izveshhatel' [Smoke fire detector]. RF patent for invention. No. 2273886, bull. No. 10, 2006. (In Russian).
10. Misevich I.Z. Dymovoj pozharnyj izveshhatel' [Smoke detector]. RF patent for the invention. No. 2273887, bull. No. 10, 2006. (In Russian).
11. Kulyagin I.A. Model' split-sistemy-pozharovzryvoizveshhatelja [The model of a split-system-fire and explosion detector]. Innovacii i inzhiniring v formirovanii investicionnoj privlekatel'nosti regiona: sbornik nauchnyh trudov II Otkrytogo mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma [Innovations and engineering in the formation of investment attractiveness of the region: Collection of scientific papers of the II Open international scientific and practical forum. Non-profit partnership "The Unified Regional Center for Innovative Development of the Rostov Region"]. Rostov-on-Don: DSTU, 2017, p. 372–379. (In Russian).
12. Kulyagin I.A. Model' intellektualizacii split-sistem dlja obespechenija pozharnoj bezopasnosti [The intellectualization model of split systems for ensuring fire safety]. Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik [International Student Scientific Bulletin]. 2017. No. 5-1, p. 120–122. (In Russian).
13. Kulyagin I.A. Intellektualizacija bezopasnosti jelektrotehnicheskih ustanovok (na primere split-sistem) [Intellectualization of the safety of electrical installations (using the example of split systems)]. Jelektronika i jelektrotehnika [Electronics and Electrical Engineering]. 2018. No. 1, pp. 19–26; DOI: 10.7256 / 2453-8884.2018.1.25832. (In Russian).

14. Kulyagin I.A., Belozerov V.V. Avtomatizacija pozharovzryvozashhity zhilogo sektora s pomoshh'ju split-sistem [Automation of fire and explosion protection of the residential sector using split-systems]. Jelektronika i jelektrotehnika [Electronics and Electrical Engineering]. 2018. No. 3. P. 59–65. DOI: 10.7256/2453-8884.2018.3.27744. (In Russian).

15. Belozerov V.V., Bushkova E.S., Denisenko P.F., Kravchenko A.N., Pashchinskaya V.V. Model' separacii i podavlenija toksichnosti avtotransportnyh sredstv [The model of separation and suppression of vehicle toxicity]. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. Ohrana truda i okruzhajushhej sredy [Life safety. Labor and environmental protection]. 2001. No 5. p. 104–107. (In Russian).

16. Belozerov V.V., Videtskikh Yu.A., Vikulin V.V., Gavrily V.M., Meshalkin E.A., Nazarov V.P., Novakovich A.A., Prus Yu.V. «BAKSAN-PA»: avtomobil' skoroj pozharnoj pomoshhi ["BAKSAN-PA": ambulance fire truck]. Sovremennye naukoemkie tehnologii. [Modern high technology]. 2006. No. 4. P. 87–89. (In Russian).

17. Belozerov V.V., Bosy S.I., Novakovich A.A., Tolmachev G.N., Videtskikh Yu.A., Pirogov M.G. Sposob termomagnitnoj separacii vozduha i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [Method for thermomagnetic air separation and device for its implementation]. RF Patent 2428242.2011. Bull. Number 25. (In Russian).

18. Azarov A. I. Konstruktivno-tehnologicheskoe sovershenstvovanie vihrevyh vozduhoohladitelej [Structural and technological improvement of vortex air coolers]. Tehnologija mashinostroenija [Technology of mechanical engineering]. 2004. No 3. p. 56–60. (In Russian).

19. Abrosimov D.V., Belozerov V.V., Tikhomirov S.A., Filimonov M.N. Sposob pozharovzryvozashhity individual'nyh zhilyh domov i kvartir s pomoshh'ju split-sistem [Method of fire and explosion protection of individual residential buildings and apartments using split systems]. RF Patent 2703884 from 10.22.2019. Bull. Number 30. (In Russian).

20. Buchelnikov V.D., Denisovsky A.N., Nikolenko V.V., Taskaev S.V., Chernets I.A. Magnitokalorichеskij refrizherator [Magnetocaloric refrigerator]. RF Patent 2454614 IPC F25B. 2012. Bull. Number 18. (In Russian)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский Н.Е. Прогнозирование, оценка и анализ пожарной безопасности. – Ростов н/Д: РГСУ, 2004. – 151с.

2. Белозеров В.В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью: дис. ... на соиск. ст. д-ра тех. наук. – М.: АГПС МЧС России, 2012. – 422 с.

3. Белозеров В.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. Модульные системы безопасности электроприборов // Технологии техносферной безопасности. – 2005. – № 4. – 3 с. – http://academygps.ru/ttb.

4. Белозеров В.В., Прус Ю.В., Топольский Н.Г., Тетерин И.М. Интеллектуализация систем безопасности электротехнических устройств // Проблемы управления безопасностью сложных систем: мат-лы 13-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2005. – С. 121–125.

5. Belozerov V.V., Oleinikov S.N. About synergetic management of fire safety of living // European Science and Technology: materials of the international research and practice conference – Wiesbaden, Germany, 2012., p. 180–185.

6. Белозеров В.В., Борков П.В., Кобелева С.А., Клышников А.А., Олейников С.Н., Насыров Р.Р., Даминев Р.Р. Новые технологии и материалы в производстве и строительстве: вопросы проектирования, разработки и внедрения. – М.: Издательство «Перо», 2012. – 123 с.

7. Кулягин И.А. Анализ эксплуатационного и пожаробезопасного ресурсов сплит-систем с модулем термоэлектронной защиты // «Студенческий научный форум–2018»: Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции. – URL: https://scienceforum.ru/2018/article/2018008532.

8. ГОСТ 12.1.004. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд. стандартов, 1992. – 77 с.

9. Баканов В.В. Дымовой пожарный извещатель // Патент РФ на изобретение № 2273886. – Бюл. № 10. – 2006.

10. Мисевич И.З. Дымовой пожарный извещатель // Патент РФ на изобретение № 2273887. – Бюл. № 10. – 2006.

11. Кулягин И.А. Модель сплит-системы-пожаровзрывоизвещателя // Инновации и инжиниринг в формировании инвестиционной привлекательности региона: сборник научных трудов II Открытого международного научно-практического форума. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2017. – НП «Единый региональный центр инновационного развития Ростовской области». – С. 372–379.

12. Кулягин И.А. Модель интеллектуализации сплит-систем для обеспечения пожарной безопасности // Международный студенческий научный вестник – 2017. – № 5-1. – С. 120–122.

13. Кулягин И.А. Интеллектуализация безопасности электротехнических установок (на примере сплит-систем) // Электроника и электротехника. – 2018. – № 1. – С. 19–26. – DOI: 10.7256/2453-8884.2018.1.25832.

14. Кулягин И.А., Белозеров Вл.В. Автоматизация пожаровзрывозащиты жилого сектора с помощью сплит-систем // Электроника и электротехника. – 2018. – № 3. – С. 59–65. – DOI: 10.7256/2453-8884.2018.3.27744.

15. Белозеров В.В., Бушкова Е.С., Денисенко П.Ф., Кравченко А.Н., Пащинская В.В. Модель сепарации и подавления токсичности автотранспортных средств // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды. – 2001. – № 5. – С. 104–107.

16. Белозеров В.В., Видецких Ю.А., Викулин В.В., Гаврилей В.М., Мешалкин Е.А., Назаров В.П., Новакович А.А., Прус Ю.В. «БАКСАН-ПА»: автомобиль скорой пожарной помощи // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 4. – С. 87–89.

17. Белозеров В.В., Босый С.И., Новакович А.А., Толмачев Г.Н., Видецких Ю.А., Пирогов М.Г. Способ термомагнитной сепарации воздуха и устройство для его осуществления // Патент РФ 2428242. – 2011. – Бюл. № 25.

18. Азаров А. И. Конструктивно–технологическое совершенствование вихревых воздухоохладителей // Технология машиностроения. – 2004. – N 3. – С. 56–60.

19. Абросимов Д.В., Белозеров В.В., Тихомиров С.А., Филимонов М.Н. Способ пожаровзрывозащиты индивидуальных жилых домов и квартир с помощью сплит-систем // Патент РФ 2703884 от 22.10.2019. – Бюл. № 30.

20. Бучельников В.Д., Денисовский А.Н., Николенко В.В., Таскаев С.В., Чернец И.А. Магнитокалорический рефрижератор // Патент РФ 2454614 МПК F25B. – 2012. – Бюл. № 18.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Valery V. Belozerov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Automation of Production Processes» of FSBEI «Don State Technical University», pl. Gagarin, 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000, safeting@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Белозеров Валерий Владимирович, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», ФГБОУ «Донской государственный технический университет», пл. Гагарина, 1, Ростов-на-Дону, Россия, 344000, safeting@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: safeting@mail.ru

Nanobuild.ru
из НАНО строится ГИГАуспех!
GIGAsuccess is built from NANO!

ISSN 2075-8545 (online)

The Electronic Edition

«NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» NANOBUILD.RU

Electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» Nanobuild.ru was established in 2009. The main aim of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» Nanobuild.ru is to provide information support for the process of invention and application of science intensive technologies (mostly nanotechnological products) in construction, communal and housing services, joint areas (industry, power et al.).

Every issue of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» contains the information about advanced materials and technologies which are already in use or are about to appear at the market in the near future. That is of great interest for many specialists.

Therefore the authors and the edition's readers are:

- students, lecturers, post-graduates and people working for doctor's degree;
- scientists and specialists of research institutes and nanotechnological centers;
- heads and specialists of the institutions, organizations and factories from the area of construction and housing and communal services;
- scientists and specialists of the industries which are adjacent to construction;
- managers and experts of the enterprises that manufacture nanoindustrial products.

One of the important quality indicators for journal is its correspondence to international norms and as a result inclusion to international citation systems (data bases).

The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in: CA(pt) (USA); DOAJ (Sweden); EBSCO Publishing (USA); ESCI Web of Science (USA); EZB (Germany); OAJI (USA); CrossRef (USA); ISSN 2075-8545 (online) (France); Readera (Russia); ResearchBib (Japan); ResearchGate (USA); Scientific Electronic Library (Russia); ProQuest (USA); Ulrich's Periodicals Directory (USA) et al.

Each paper is assigned UDC, DOI, HTML-code. The papers are published in English and Russian.

The editors follow the politics of «open access» for the published materials. To provide maximal access to materials all issues are published at the edition's website http://nanobuild.ru/en_EN/; the papers (information about them) is added to citation systems (data bases).

That allows scientists and specialists all over the world to study journal's materials and to use them in their work, which includes citation.

Distribution of the journal:

1. Every issue of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction» is published in free access at the website http://nanobuild.ru/en_EN/
2. The papers and/or the information about them are published in citation systems (databases): EBSCO Publishing (USA), ESCI Web of Science (USA), ResearchBib (Япония), CrossRef (USA), Scientific Electronic Library (Russia), DOAJ (Sweden) etc.
3. The information about new issue which can be viewed and downloaded is sent to companies, research and nanotechnology centers, authors, scientists and specialists all over the world (in total 5000 addresses).
4. Information about published issue is placed at the partners' internet-sources: http://daaam.info; http://www.rilem.org, http://ama.com.az, http://isit.si/activities/events-news, http://info-iae.ru, http://www.nanonewsnet.ru, http://www.rusnanonet.ru; http://www.rae-info.ru et al.

You can find all issues and requirements to the published materials on the official website http://nanobuild.ru/en_EN/.

If you have any questions, please contact us by e-mail: info@nanobuild.ru

We hope for effective and mutual beneficial cooperation.

The editors of the electronic edition
«Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»

Advertisement

Nanobuild.ru
из НАНО строится ГИГАуспех!
GIGAsuccess is built from NANO!

ISSN 2075-8545 (online)

Электронное издание

«НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» NANOBUILD.RU

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» Nanobuild.ru было создано в 2009 году. Основной целью электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» Nanobuild.ru является информационное обеспечение процесса создания и внедрения наукоёмких технологий (прежде всего – нанотехнологической продукции) в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).

В каждом номере электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» публикуется информация о передовых материалах и технологиях, которые уже используются или должны появиться в ближайшее время, а это вызывает большой интерес у специалистов.

Поэтому авторами и читателями издания являются:

- студенты, преподаватели, аспиранты и докторанты вузов;
- ученые и специалисты научно-исследовательских институтов и нанотехнологических центров;
- руководители и специалисты учреждений, организаций и предприятий строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства;
- ученые и специалисты смежных со строительством отраслей;
- руководители и эксперты фирм-производителей продукции наноиндустрии.

Одним из важнейших показателей качества журнала является соответствие его международным нормам и, как следствие, включение в международные системы цитирования (базы данных).

Интернет-журнал «Нанотехнологии в строительстве» включен в Перечень ВАК РФ, системы цитирования (базы данных): CA(pt) (США); DOAJ (Швеция); EBSCO Publishing (США); ESCI Web of Science (США); EZB (Германия); OAJI (США); CrossRef (США); ISSN 2075-8545 (online) (Франция); Научная электронная библиотека (Россия); ResearchBib (Япония); Readera (Россия); ProQuest (США); ResearchGate (США); Ulrich's Periodicals Directory (США) и другие.

Каждой научной статье присваиваются УДК, DOI, а также HTML-код. Статьи издаются на русском и английском языках.

Редакция издания придерживается политики «открытого доступа» к публикуемым материалам. В целях максимальной доступности материалов все номера размещены на сайте издания http://Nanobuild.ru; статьи (информация о них) размещается в системах цитирования (базах данных).

Это позволяет ученым и специалистам во всем мире свободно знакомиться с материалами журнала и использовать их в своей деятельности, в т.ч. цитировать в своих статьях.

Распространение журнала:

1. Каждый выпуск электронного издания «Нанотехнологии в строительстве» размещается в открытом доступе на портале http://nanobuild.ru.
2. Статьи и/или информация о них размещаются в системах цитирования (базах данных): EBSCO Publishing (США), ESCI Web of Science (США), ResearchBib (Япония), CrossRef (США), Научная электронная библиотека (Россия), DOAJ (Швеция), Readera (Россия) и др.
3. Информация о каждом новом номере журнала, с возможностью ознакомиться (скачать) номер, высылается в компании, научно-исследовательские и нанотехнологические центры, авторам, ученым и специалистам по всему миру (всего 5000 адресов).
4. Информация о вышедшем номере размещается на интернет-ресурсах партнеров: http://daaam.info, http://ama.com.az, http://isit.si/activities/events-news, http://info-iae.ru, http://www.nanonewsnet.ru, http://www.rusnanonet.ru, http://www. info- rae.ru и др.

Тематика статей, а также требования к публикуемым материалам приведены в каждом номере журнала и на сайте http://nanobuild.ru.

По всем вопросам просим обращаться по e-mail: info@ nanobuild.ru

Надеемся на плодотворное и взаимовыгодное сотрудничество.

Редакция электронного издания
«Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»

На правах рекламы

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685
UDC 622.692

Modeling flexibility of nanocomposite pipelines

Authors:

Igor R. Baikov,
Doctor of Engineering, Professor, Ufa State Petroleum Technological University;
Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, pte.ugntu@rusoil.net

Olga V. Smorodova,
PhD inEngineering, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University;
Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, olga_smorodova@mail.ru

Vadim R. Baibakov,
Undergraduate student,Ufa State Petroleum Technological University;
Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, vadim-rishatovich@mail.ru

Abstract: Pipes for oil and gas pipelines made of nanocomposite materials are increasingly used. The most common manufacture of composite piping is by winding fiberglass onto a rotating mandrel. With continuous winding, it is possible to choose the angle of laying the threads – the so-called angle of reinforcement. Depending on its value, as well as on the angle of curvature of the pipeline when its axis deviates from the straight direction, the strength indicators of the pipe change.

The article discusses the modeling of the flexibility behavior of a composite pipeline of a curved shape. It is curved pipelines that are in the most difficult operating conditions, accompanied by the manifestation of the Karman effect in the pipe turning angles. As a modeling parameter, a coefficient of increase in the flexibility of the pipe is adopted. Influencing factors are the angle of reinforcement of the composite and the angle of curvature of the axis of the pipeline. An analysis of the results of the calculation performed earlier showed that in the range of reinforcement angles from 0° to 85° the dynamics of the coefficient of increase in pipe flexibility is different. Mathematical models have been developed for two ranges of values for the coefficient of increase in the flexibility of a composite pipe. Modeling error averages no more than 2%.

Keywords: composite, flexibility, multi-parameter regression, modeling, asymptotic coordinates.

For citation: Baikov I.R., Smorodova O.V., Baibakov V.R. Modeling flexibility of nanocomposite pipelines. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 671–685. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

Modeling flexibility of nanocomposite pipelines by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 671–685. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Baikov I.R., Smorodova O.V., Baibakov V.R. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="olga_smorodova@mail.ru" rel="cc:morePermissions">olga_smorodova@mail.ru.

The paper has been received by editors: 24.09.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 15.11.2019.
The paper has been accepted for publication: 21.11.2019.

Моделирование гибкости нанокомпозитных трубопроводов

Авторы:

Байков Игорь Равильевич,
д-р техн. наук, проф., действительный член Академии горных наук, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, pte.ugntu@rusoil.net

Смородова Ольга Викторовна,
канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, olga_smorodova@mail.ru

Байбаков Вадим Ришатович,
студент бакалавриата,ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, vadim-rishatovich@mail.ru

Резюме: Трубы для нефтегазопроводов из нанокомпозитных материалов находят все более широкое применение. Наиболее распространено изготовление композитных трубопроводов намоткой стекловолокна на вращающуюся оправку. При непрерывной намотке имеется возможность выбора угла укладки нитей – так называемого угла армирования. В зависимости от его значения, а так же от угла кривизны трубопровода при отклонении его оси от прямолинейного направления показатели прочности трубы изменяются.

В статье рассмотрено моделирование поведения гибкости композитного трубопровода криволинейной формы. Именно криволинейные трубопроводы находятся в наиболее сложных условиях эксплуатации, сопровождающихся проявлением эффекта Кармана в углах поворота трубы. В качестве параметра моделирования принят коэффициент увеличения гибкости трубы. Влияющими факторами выступают угол армирования композита и угол кривизны оси трубопровода. Анализ результатов расчета, выполненного ранее, показал, что в диапазоне углов армирования от 0° до 85° динамика коэффициента увеличения гибкости трубы различна. Разработаны математические модели для двух диапазонов значений коэффициента увеличения гибкости композитной трубы. Ошибка моделирования в среднем составляет не более 2%.

Ключевые слова: композит, гибкость, многопараметрическая регрессия, моделирование, асимптотические координаты.

Для цитирования: Байков И.Р., Смородова О.В., Байбаков В.Р. Моделирование гибкости нанокомпозитных трубопроводов // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 671–685. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

Modeling flexibility of nanocomposite pipelines by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 671–685. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Baikov I.R., Smorodova O.V., Baibakov V.R. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="olga_smorodova@mail.ru" rel="cc:morePermissions">olga_smorodova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию: 24.09.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 15.11.2019.
Статья принята к публикации: 21.11.2019.

INTRODUCTION

One of the main problems in maintaining the operability of technological pipeline systems is the corrosion of steel pipes. The most promising solution to this problem is the transition to non-metallic pipelines, for example, composite systems [1, 2, 3]. Currently, more than 200 thousand tons of pipes from composite materials (CM) are produced in the world [4]. Fiberglass pipes [5, 6, 7] are widely used, made on horizontal and radial cross winding machines using wet impregnation of glass-filled fiber with an epoxy binder [8].

The most common is the manufacture of composite pipes by the method of continuous winding of glass fiber on a stepwise moving mandrel [9] – the so-called «walking» mandrel. One of the available machine options is the regulation of the direction of glass-laying on the surface of the mandrel [10]. The winding path is determined by the angle of reinforcement φ. It is the angle between the direction of glass roving laying and the pipeline axis that largely determines the main characteristics of the strength and reliability of the composite pipe [11].

MAIN PART

The relevance of the task

The use of composite pipelines with a curved axis of laying is accompanied by the most complex technological strength modes. During their production, an inhomogeneous structure is formed with variable reinforcement angles φ (the angle between the tangent to the reinforcement path and the axial direction of the pipe). Pipeline zones in the area of rotation angles, as a rule, experience the greatest longitudinal and ring forces. With sufficient flexibility of the material, the probability of the manifestation of the Karman effect (flattening of the cross section during bending) is highest [12, 13]. The authors of [14] showed that the quality of installation and further operation of a composite pipe under variable temperature conditions largely depends on its rigidity. Increasing the flexibility of the pipe will ensure the reliability and durability of the pipeline system, even under conditions of accidental shock loads [15].

The work is devoted to modeling the coefficient of change in the flexibility of the pipeline depending on

Table 1
Initial values for the coefficient of increase in pipe flexibility *k*

№	Reinforcement angle, φ, °	Bend angle, Φ, °	Flexibility factor, *k*, r.u.
	X_1	X_2	Y
1	55	180	1.39
2	65	180	1.27
3	75	180	1.23
4	85	180	1.21
5	0	180	2.97
6	55	135	1.36
7	65	135	1.26
8	75	135	1.22
9	85	135	1.20
10	0	135	2.91
11	55	90	1.30
12	65	90	1.22
13	75	90	1.19
14	85	90	1.17
15	0	90	2.67
16	55	45	1.19
17	65	45	1.17
18	75	45	1.16
19	85	45	1.16
20	0	45	2.08

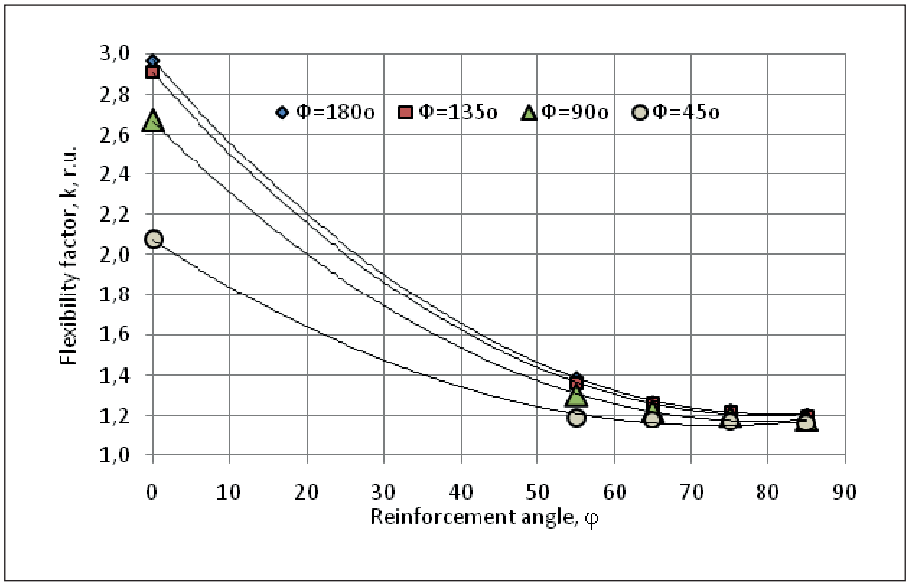


Fig. 1. **The relationship of the coefficient of change in the flexibility of the KM pipe with reinforcement angles φ and bending Φ of the pipeline**

the bending angles of its axis Φ and the angle of reinforcement φ [16]. The object of modeling is a pivotally supported curvilinear pipe made of Kevlar 49/PR-286 composite material with a diameter of 167 mm and a wall thickness h = 4.2 mm. The number of layers is 6 [17].

Initial data for model development

The initial data for modeling the behavior of the coefficient of change in flexibility k were the results of the finite element method [18, 19] for calculating the strength characteristics of a curved pipe made of Kevlar-286 composite material (Table 1, Fig. 1).

An analysis of the source data showed that in the full range of variation of the reinforcement angle φ from 0° to 85°, the studied dependence is non-linearly monotonically decreasing for any curvature of the pipeline F.

Settlement part

Depending on the range of values of the angle of reinforcement φ, we selected modeling methods.

Modeling in the range of φ∈[55°; 85°]

In the range of reinforcement angles from 55° to 85°, the dynamics of the coefficient of increase in pipe flexibility is almost linear (the average deviation does not exceed 5%). In addition, glass roving winding machines, used in practice, provide reinforcement angles in precisely this range [20]. This allows you to use a technically uncomplicated method for developing a multi-parameter linear regression model.

The main goal of multiple regression is to build a model with a large number of factors, while determining their combined effect on the modeled indicator. The implementation of the method in matrix form involves several consecutive steps.

Step 1. Formation of source data matrices for modeling:

X – matrix of influencing parameters – φ and Φ – taking into account the accepted number of influencing parameters.

Y is the matrix of the desired function k is the coefficient of variation of the flexibility of the composite pipeline.

$$X=\begin{pmatrix}1 & \varphi_1 & \Phi_1\\ 1 & \varphi_2 & \Phi_2\\ \dots & \dots & \dots\\ 1 & \varphi_{15} & \Phi_{15}\\ 1 & \varphi_{16} & \Phi_{16}\end{pmatrix};\qquad Y=\begin{pmatrix}k_1\\ k_2\\ \dots\\ k_{15}\\ k_{16}\end{pmatrix}.$$

Matrices are formed on the basis of the initial data of Table 1.

Step 2. Formation of the transposed matrix X^T.

$$X^T=\begin{pmatrix}1 & 1 & \dots & 1 & 1\\ \varphi_1 & \varphi_2 & \dots & \varphi_{15} & \varphi_{16}\\ \Phi_1 & \Phi_2 & \dots & \Phi_{15} & \Phi_{16}\end{pmatrix}$$

Step 3. After a series of transformations of the original matrices, a vector of estimates of the coefficients of the regression equation is obtained:

$$A = (X^{T} \times X)^{-1} \times (X^{T} \times Y).$$

$$A = \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}.$$

Range modeling at φ∈[55°; 85°]

Expanding the range of variation of reinforcement angles in the manufacture of composite pipelines is a very promising direction. At $\varphi \to 0^{o}$, the coefficient of flexibility of the pipe increases significantly, which helps to increase the reliability and performance of a curved composite pipe [21]. To take into account the nonlinearity of the relationship between the coefficient of change in the flexibility of the pipeline with φ and Φ, the transition to asymptotic variables seems optimal [22]. The authors of [22] showed that asymptotic variables can reliably develop a model of a function that is characterized by a tendency to some asymptotes at the boundaries of the considered range of values.

To pass to asymptotic variables, use the model function:

$$f = \frac{(k - k_0)}{(k_\infty - k_0)},$$

where $k_0 = k(\Phi)$ at $\varphi = \varphi_{min} = 0^{o}$,
$k_\infty = k(\Phi)$ at $\varphi = \varphi_{max} = 85^{o}$,
for which φ_{min} и φ_{max} defined in Table 1. One-parameter regression equations for k_0 and k_∞ set by least squares method.

The main property of the model function f is that for any values of the angle of curvature Φ $f = 0$ at $\varphi = \varphi_{min}$, and $f = 1$ at $\varphi = \varphi_{max}$.

The regression equation for f is established by its values by numerical simulation at values of the reinforcement angle φ in the rangefrom 0° to 85°.

Analysis of the results

Range simulation results at φ∈[55°; 85°]

As a result of the implementation of the matrix method for finding the coefficients in the multiple linear regression equation, the components of the vector of estimates of the coefficients of the equation were determined (table 2).

The result of the implementation of the multiple regression method under the condition φ ∈ [55°; 85°], the type of dependence of the coefficient of flexibility of the pipeline depending on the angle of reinforcement

Table 2

Coefficients of the linear equation of multiple regression to determine the coefficient of change in the flexibility of the composite pipeline

№	Influence factor in the equation	Coefficient designation	The value of the coefficient of the regression equation
1	Free ratio	A_0	1.426
2	Reinforcement angle	A_1	–0.00405
3	Pipeline angle of curvature	A_2	0.000789

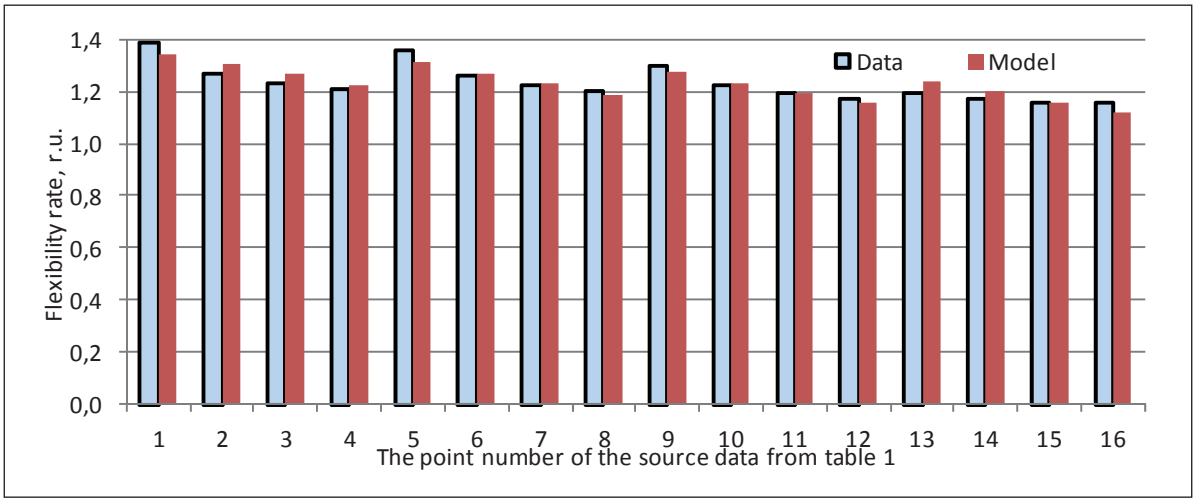


Fig. 2. **Assessment of the reliability of the simulation results of the range φ∈[55°; 85°]**

φ and the angle of curvature of the axis of the pipeline Φ was established:

$$k(\varphi, \Phi) = 1{,}426 - 0{,}00405 \times \varphi + 0{,}000789 \times \Phi.$$

The adequacy of the obtained results was assessed by comparing the initial data of the values of the coefficient of flexibility increase of the composite pipeline with model values (Fig. 2).

A quantitative assessment of the quality of the resulting multiple regression equation showed that the modeling error at the points of the source data varies from 0,2% to 4%, averaging 1,9% for the sample.

Range simulation results at φ∈[0°; 85°]

As shown in [22], the efficient use of asymptotic coordinates is possible for functions of a certain type. In particular, the direct application of asymptotic coordinates is inadmissible if $F \to \infty$ is at least on one edge of the interval under study. In our case, $k \to \infty$ for $\varphi \to 0$ (Fig. 1).

This situation, according to the recommendations of the authors [23], is allowed by the transformation of the initial data of the form:

$$\bar{k} = 1/k.$$

The conversion results are given in Table 3.

The stages of the sequential implementation of the transition of the original function to asymptotic coordinates are shown in Fig. 3.

Taking into account the obtained analytical expression for the model function f, the dependence of the coefficient of increase in the flexibility of the composite pipe on the reinforcement angle φ and the pipe curvature angle Φ was identified:

$$k(\varphi, \Phi) = 0{,}777\Phi^{0{,}265}[(0{,}002 + 0{,}0218\varphi - 0{,}00012\varphi^2) \times (0{,}757\Phi^{0{,}233} - 1) + 1]^{-1},$$

where φ,° – composite pipe reinforcement angle;
Φ,° – pipeline axis curvature.

Table 3
Initial values for the coefficient of increase in pipe flexibility in converted format, $\bar{k}$

$\bar{k}$	Φ = 180°	Φ = 135°	Φ = 90°	Φ = 45°
φ = 0°	0.337	0.344	0.375	0.481
φ = 55°	0.719	0.735	0.769	0.840
φ = 65°	0.787	0.794	0.820	0.847
φ = 75°	0.813	0.820	0.840	0.855
φ = 85°	0.826	0.833	0.855	0.862

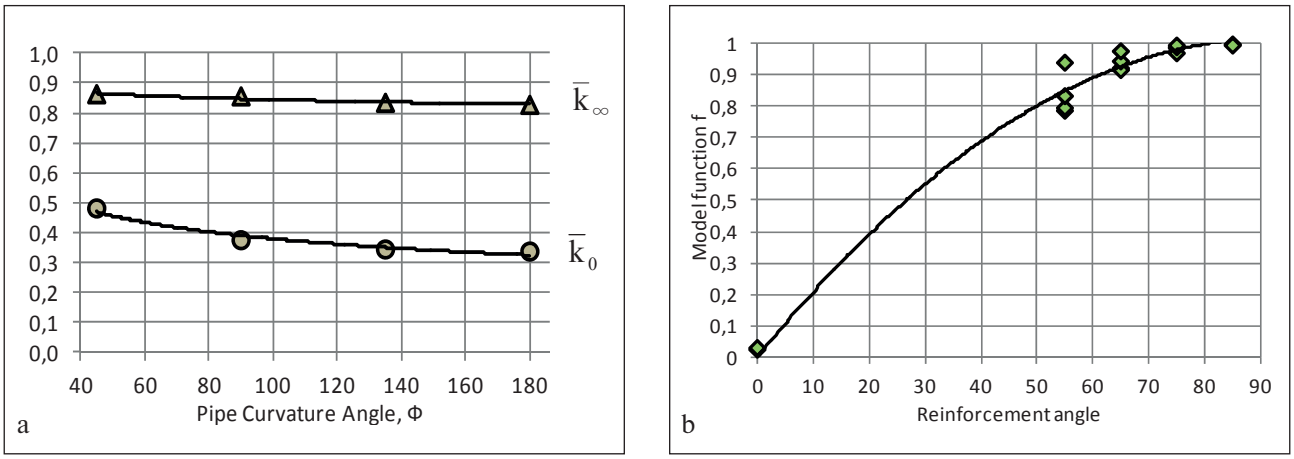


Fig. 3. **Stages of the implementation of the asymptotic coordinate method:**
a – boundary functions k_0 and k_∞; b – model function

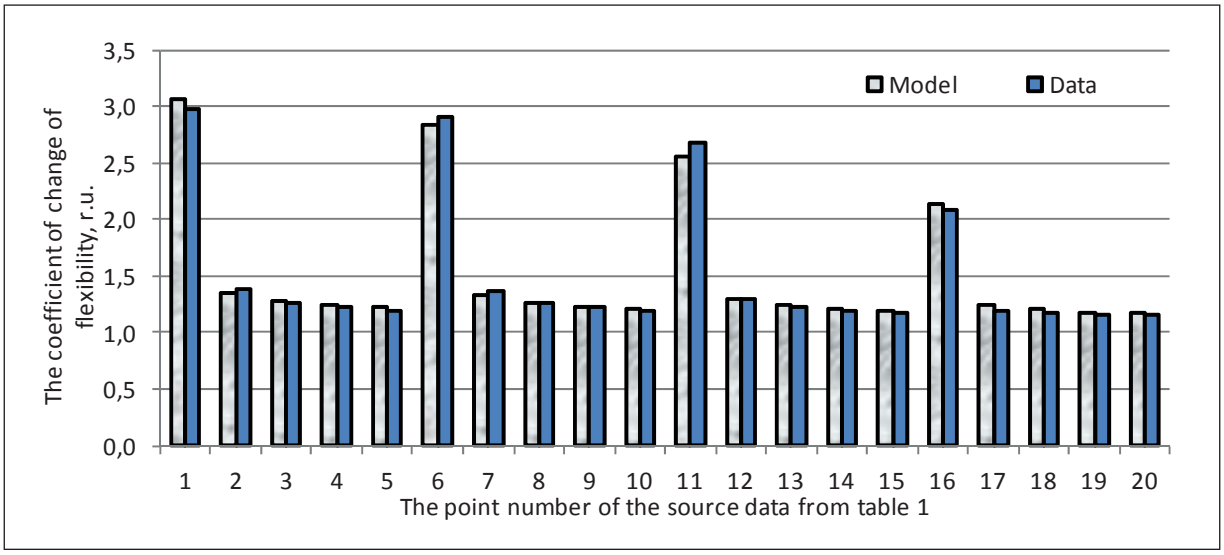


Fig. 4. **Assessment of the reliability of the simulation results φ∈[0°; 85°]**

The adequacy of the obtained results was assessed by comparing the initial data of the values of the coefficient of flexibility increase of the composite pipeline with model values (Fig. 4).

A quantitative assessment of the adequacy of the obtained multiple regression equation showed that the modeling error at the points of the source data varies from 0.2% to 5%, averaging 2% on the sample.

CONCLUSION

1. It is shown that an increase in the flexibility of the composite pipeline contributes to ease of installation and increases the reliability of the operation of the oil pipeline system.

2. It was found that the flexibility of the KM pipe increases with decreasing reinforcement angle. With a decrease in the angle of reinforcement from 85° to 55°, the dynamics of the coefficient of flexibility increase is almost linear. With a further decrease in the angle of reinforcement up to 0°, the intensity of the increase in the flexibility coefficient of the composite pipe gradually increases.

3. Developed regression equations to determine the coefficient of increase in the flexibility of the KM pipe depending on the angle of reinforcement and the angle of curvature of the pipeline: Non-linear model for φ∈[0°; 85°] and the linear model for φ∈[55°; 85°]. The average error of the models does not exceed 2%.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем поддержания работоспособности технологических трубопроводных систем является коррозия стальных труб. Наиболее перспективным решением этой проблемы представляется переход на неметаллические трубопроводы, например, композитные системы [1, 2, 3]. В настоящее время в мире производится более 200 тысяч тонн труб из композитных материалов (КМ) [4]. Широко применяются стеклопластиковые трубы [5, 6, 7], изготовленные на станках горизонтальной и радиально-перекрестной намотки по технологии мокрой пропитки стеклонаполненного волокна эпоксидным связующим [8].

Наиболее распространено изготовление композитных труб способом непрерывной намотки стекловолокна на ступенчато движущуюся оправку [9] – так называемая «шагающая» оправка. Одной из доступных опций станков является регулирование направления укладки стеклоровинга на поверхности оправки [10]. Траектория намотки определяется углом армирования φ. Именно угол между направлением укладки стеклоровинга и осью трубопровода во многом определяет основные характеристики прочности и надежности композитной трубы [11].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Актуальность задачи

Использование композитных трубопроводов с криволинейной осью укладки сопровождается наиболее сложными технологическими прочностными режимами. При их производстве формируется неоднородная структура с переменными углами армирования φ (угол между касательной траектории армирования и осевым направлением трубы). Зоны трубопроводов в области углов поворота, как правило, испытывают наибольшие продольные и кольцевые напряжения. При достаточной гибкости материала вероятность проявления эффекта Кармана (сплющивания поперечного сечения при изгибе) наиболее высока [12, 13]. Авторами [14] показано,

Таблица 1
Исходные значения коэффициента увеличения гибкости трубы *k*

№ п/п	Угол армирования, φ, °	Угол изгиба оси, Ф, °	Коэффициент увеличения гибкости, *k*, о.е.
	X_1	X_2	Y
1	55	180	1,39
2	65	180	1,27
3	75	180	1,23
4	85	180	1,21
5	0	180	2,97
6	55	135	1,36
7	65	135	1,26
8	75	135	1,22
9	85	135	1,20
10	0	135	2,91
11	55	90	1,30
12	65	90	1,22
13	75	90	1,19
14	85	90	1,17
15	0	90	2,67
16	55	45	1,19
17	65	45	1,17
18	75	45	1,16
19	85	45	1,16
20	0	45	2,08

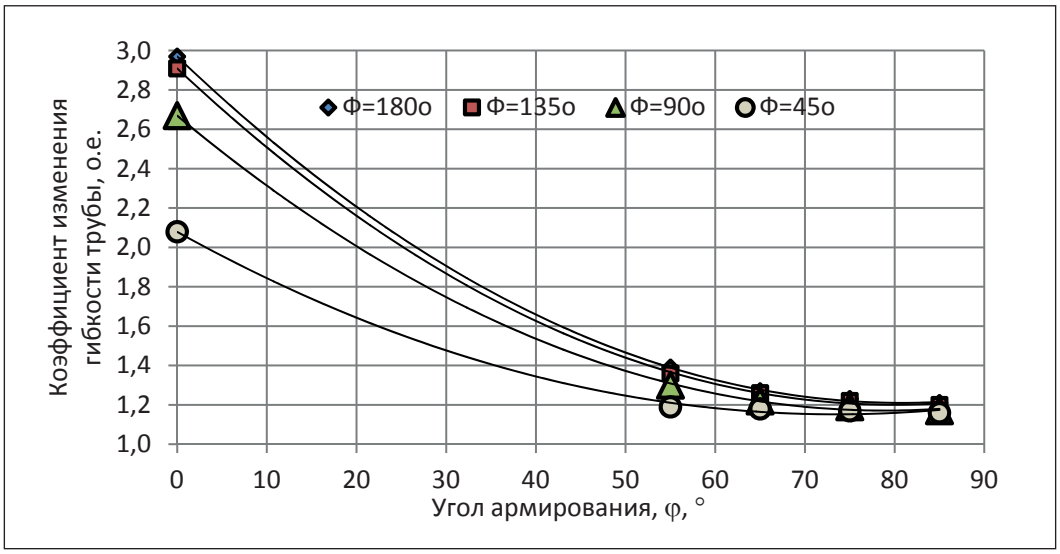


Рис.1. **Взаимосвязь коэффициента изменения гибкости КМ-трубы с углами армирования φ и изгиба Ф трубопровода**

что качество монтажа и дальнейшей эксплуатации композитной трубы в переменных температурных условиях во многом зависит от ее жесткости. Повышение гибкости трубы позволит обеспечить надежность и долговечность трубопроводной системы даже в условиях случайных ударных нагрузок [15].

Работа посвящена моделированию коэффициента изменения гибкости трубопровода в зависимости от углов изгиба его оси Ф и угла армирования φ [16]. Объектом моделирования является шарнирно-опертый криволинейный трубопровод из композитного материала Kevlar49/PR-286 диаметром 167 мм и толщиной стенки h = 4,2 мм. Количество слоев – 6 [17].

Исходные данные для разработки модели

Исходными данными для моделирования поведения коэффициента изменения гибкости *k* послужили результаты реализации метода конечных элементов [18, 19] для расчета характеристик прочности криволинейного трубопровода из композитного материала Kevlar49/PR-286 (табл. 1, рис. 1).

Анализ исходных данных показал, что в полном диапазоне изменения угла армирования φ от 0° до 85° изучаемая зависимость является нелинейной монотонно убывающей для любой кривизны трубопровода Ф.

Расчетная часть

В зависимости от диапазона значений угла армирования φ нами были подобраны методы моделирования.

Моделирование в диапазоне φ∈[55°; 85°]

В диапазоне значений углов армирования от 55° до 85°динамика коэффициента увеличения гибкости трубы является практически линейной (среднее отклонение не превышает 5%). Кроме того, применяемые на практике машины намотки стеклоровинга обеспечивают углы армирования именно в таком диапазоне [20]. Это позволяет использовать несложный технический метод разработки многопараметрической линейной регрессионной модели.

Основная цель множественной регрессии – построить модель с большим числом факторов, определив при этом совокупное их воздействие на моделируемый показатель. Реализация метода в матричном виде подразумевает несколько последовательных шагов.

Шаг 1. Формирование матриц исходных данных для моделирования:

X – матрица влияющих параметров –φ и Ф – с учетом принятого количества влияющих параметров.

Y – матрица искомой функции k – коэффициента изменения гибкости композитного трубопровода.

$$X=\begin{pmatrix}1 & \varphi_1 & \Phi_1\\ 1 & \varphi_2 & \Phi_2\\ \dots & \dots & \dots\\ 1 & \varphi_{15} & \Phi_{15}\\ 1 & \varphi_{16} & \Phi_{16}\end{pmatrix};\quad Y=\begin{pmatrix}k_1\\ k_2\\ \dots\\ k_{15}\\ k_{16}\end{pmatrix}.$$

Матрицы сформированы на основе исходных данных табл. 1.

Шаг 2. Формирование транспонированной матрицы X^T.

$$X^T=\begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ \varphi_1 & \varphi_2 & \dots & \varphi_{15} & \varphi_{16} \\ \Phi_1 & \Phi_2 & \dots & \Phi_{15} & \Phi_{16} \end{bmatrix}$$

Шаг 3. После ряда преобразований исходных матриц получен вектор оценок коэффициентов уравнения регрессии:

$$A = (X^T \times X)^{-1} \times (X^T \times Y).$$

$$A=\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}.$$

Моделирование в диапазоне φ∈[0°; 85°]

Расширение диапазона вариации углов армирования при изготовлении композитных трубопроводов является весьма перспективным направлением. При $\varphi \to 0^o$ коэффициент гибкости трубы значительно возрастает, что способствует повышению надежности и работоспособности криволинейной композитной трубы [21]. Для учета нелинейности функции взаимосвязи коэффициента изменения гибкости трубопровода с φ и Φ оптимальным представляется переход к асимптотическим переменным [22]. Авторами [22] показано, что асимптотические переменные позволяют достоверно разрабатывать модель функции, которая характеризуется стремлением к некоторым асимптотам на границах рассматриваемого диапазона значений.

Для перехода к асимптотическим переменным используют модельную функцию:

$$f = \frac{(k - k_0)}{(k_\infty - k_0)},$$

где $k_0 = k(\Phi)$ при $\varphi = \varphi_{min} = 0^o$,
$k_\infty = k(\Phi)$ при $\varphi = \varphi_{max} = 85^o$,
для которых φ_{min} и φ_{max} определены по табл. 1. Однопараметрические уравнения регрессии для k_0 и k_∞ установлены методом наименьших квадратов.

Главное свойство модельной функции f состоит в том, что при любых значениях угла кривизны $\Phi f = 0$ при $\varphi = \varphi_{min}$, и $f = 1$ при $\varphi = \varphi_{max}$.

Таблица 2

Коэффициенты линейного уравнения множественной регрессии для определения коэффициента изменения гибкости композитного трубопровода

№ п/п	Влияющий фактор в уравнении	Обозначение коэффициента	Значение коэффициента уравнения регрессии
1	Свободный коэффициент	A_0	1,426
2	Угол армирования	A_1	–0,00405
3	Угол кривизны трубопровода	A_2	0,000789

Рис. 2. **Оценка достоверности результатов моделирования в диапазоне φ∈[55°; 85°]**

Уравнение регрессии для функции f устанавливают по ее значениям численным моделированием при значениях угла армирования φ в диапазоне от 0° до 85°.

Анализ полученных результатов

Результаты моделирования в диапазоне φ∈[55°; 85°]

В результате реализации матричного способа нахождения коэффициентов в уравнении множественной линейной регрессии были определены компоненты вектора оценок коэффициентов уравнения (табл. 2).

В результате реализации метода множественной регрессии при условии φ∈[55°; 85°] был установлен вид зависимости коэффициента изменения гибкости трубопровода в зависимости от угла армирования φ и угла кривизны оси трубопровода Φ:

$$k(\varphi, \Phi) = 1{,}426 - 0{,}00405 \times \varphi + 0{,}000789 \times \Phi.$$

Оценка адекватности полученных результатов выполнена сравнением исходных данных значений коэффициента увеличения гибкости композитного трубопровода с модельными величинами (рис. 2).

Количественная оценка качества полученного уравнения множественной регрессии показала, что ошибка моделирования по точкам исходных данных изменяется от 0,2% до 4%, составляя в среднем по выборке 1,9%.

Результаты моделирования в диапазоне φ∈[0°; 85°]

Как показано в [22], эффективное использование асимптотических координат возможно для функций определенного типа. В частности, недопустимо прямое применение асимптотических координат, если $F \to \infty$ хотя бы на одном краю исследуемого интервала. В нашем случае $k \to \infty$ при $\varphi \to 0$.

Эта ситуация по рекомендациям авторов [23] разрешается преобразованием исходных данных вида:

$$\bar{k} = 1/k.$$

Результаты преобразования приведены в табл. 3.

Таблица 3
Исходные значения коэффициента увеличения гибкости трубы в преобразованном формате, $\bar{k}$

$\bar{k}$	Φ = 180°	Φ = 135°	Φ = 90°	Φ = 45°
φ = 0°	0,337	0,344	0,375	0,481
φ = 55°	0,719	0,735	0,769	0,840
φ = 65°	0,787	0,794	0,820	0,847
φ = 75°	0,813	0,820	0,840	0,855
φ = 85°	0,826	0,833	0,855	0,862

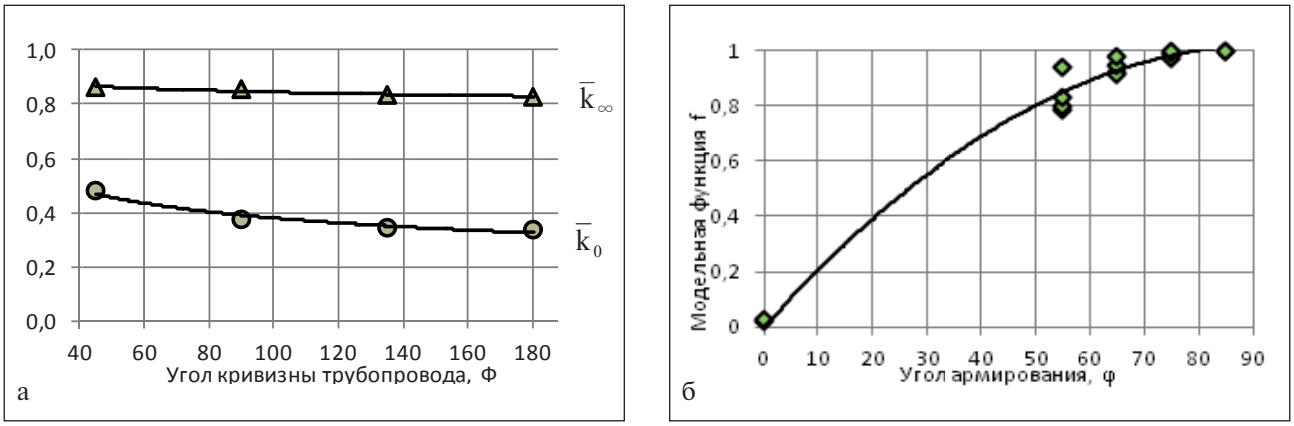


Рис. 3. **Этапы реализации метода асимптотических координат:**
а – граничные функции k_0 и k_∞; б – модельная функция

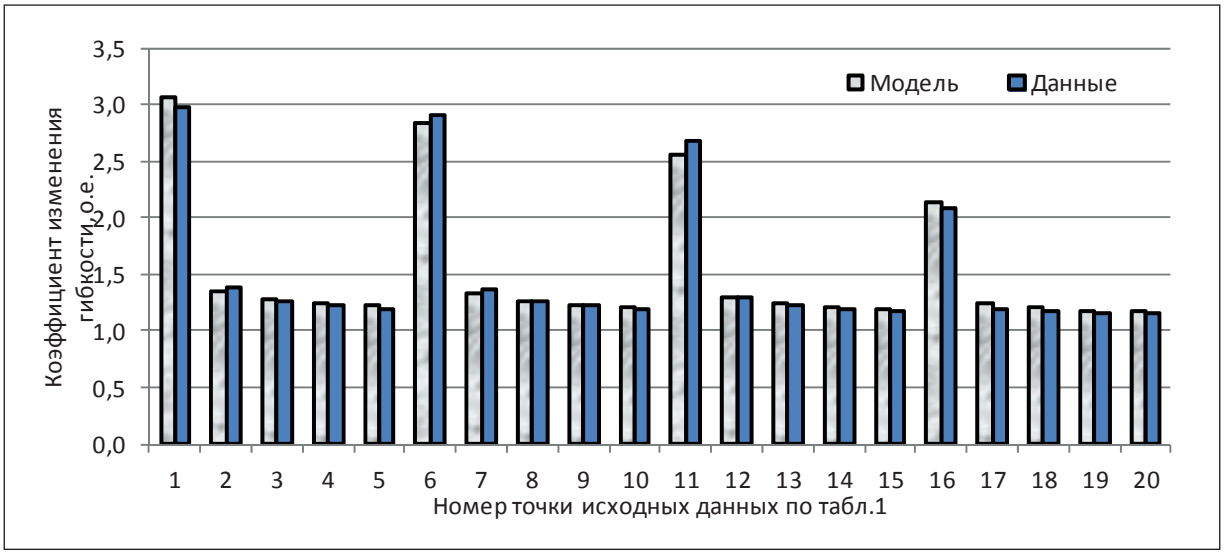


Рис. 4. **Оценка достоверности результатов моделирования в диапазоне $\varphi \in [0^o; 85^o]$**

Этапы последовательной реализации перехода исходной функции к асимптотическим координатам показаны на рис. 3.

С учетом полученного аналитического выражения для модельной функции *f* была идентифицирована зависимость коэффициента увеличения гибкости композитной трубы от угла армирования φ и угла кривизны трубы Φ:

$$k(\varphi, \Phi) = 0{,}777\Phi^{0{,}265}[(0{,}002+0{,}0218\varphi-0{,}00012\varphi^2)\times \times(0{,}757\Phi^{0{,}233}-1)+1]^{-1},$$

где φ^o – угол армирования композитного трубопровода;

Φ^o – угол кривизны оси трубопровода.

Оценка адекватности полученных результатов выполнена сравнением исходных данных значений коэффициента увеличения гибкости композитного трубопровода с модельными величинами (рис. 4).

Количественная оценка адекватности полученного уравнения множественной регрессии показала, что ошибка моделирования по точкам исходных данных изменяется от 0,2 до 5%, составляя в среднем по выборке 2%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что увеличение гибкости композитного трубопровода способствует удобству монтажа и повышению надежности эксплуатации нефтепроводной системы.

2. Установлено, что гибкость КМ-трубы возрастает с уменьшением угла армирования. При снижении угла армирования от 85° до 55° динамика коэффициента увеличения гибкости практически линейна. При дальнейшем снижении угла армирования вплоть до 0° интенсивность увеличения коэффициента гибкости композитной трубы постепенно возрастает.

3. Разработаны уравнения регрессии для определения коэффициента увеличения гибкости КМ-трубы в зависимости от угла армирования и угла кривизны трубопровода: нелинейная модель для $\varphi \in [0^o; 85^o]$ и линейная модель для $\varphi \in [55^o; 85^o]$. В среднем, ошибка моделей не превышает 2%.

REFERENCES

1. Baikov I.R., Smorodova O.V., Kitaev S.V. Nanocomposite pipelines energy efficiency. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 3, pp. 20–36. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-20- 36. (InRussian).

2. Smorodova O.V., Kostareva S.N., Baykov I.R., Basharova L.R. Effektivnost' kompozitnykh truboprovodov dlya gazotransportnykh sistem [The effectiveness of composite pipelines for gas transmission systems]. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Neftegazovoye delo [Electronic scientific journal "Oil and Gas Business"]. 2019. No. 1. P. 201–217. (In Russian). Available at: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2019/ogbus_1_2019_p201-217.pdf. (Accessed: 20.09.2019).

3. ZaytsevK. I. Primeneniye plastmassovykh trub na ob"yektakh gazovoy promyshlennosti [The use of plastic pipes at gas industry facilities].Stroitel'stvo truboprovodov [Pipeline construction]. 1996. No. 3. P. 33–34.

4. Yagubov E.Z. Razrabotka printsipov obespecheniya konstruktivnoy nadezhnosti neftegazoprovodnykh sistem na osnove korrozionnostoykikh kompozitnykh trub [Development of principles for ensuring the structural reliability of oil and gas pipeline systems based on corrosion-resistant composite pipes]. Diss. ... d-ra tekhn. nauk [Thesis for a Doctorate's degree]. Uhta, 2011. 319 p. (In Russian).

5. Bashar, M. Study of matrix micro-cracking in nanoclay and acrylic tri-block- copolymer modified epoxy/basalt fiber-reinforced pressure-retaining structures / M. Bashar, U. Sundararaj, P. Mertiny. eXPRESS Polymer Letters. 2011. V. 5. № 10. P. 882–896.

6. Harris B. Fatigue in composits. England: Woodheard Publish Lmt., 2003. 742 p.

7. Hsieh, T. H. The toughness of epoxy polymers and fibre composites modified with rubber microparticles and silica nanoparticles / T. H. Hsieh, A. J. Kinloch, K. Masania, S. J. Lee, A. C. Taylor, S. Sprenger. Journal of Materials Science. 2010. №45. P. 1193–1210.

8. Smorodova O.V., Kitaev S.V., Baikov I.R. Composite gas pipelines: prospects of energy conservation. Journal of Physics: Conference Series 2018. P. 012069. (In English). Available at: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1111/1/012069/pdf(Accessed: 20.09.2019).

9. Kalinchev V.A., Makarov M.S. Namotannyyestekloplastiki [Coiled fiberglass]. Moscow. Khimiya [Chemistry], 1986. 272 p. (In Russian).

10. Kolchinskiy YU.L. Izgotovleniye i montazh tekhnologicheskikh truboprovodov iz nemetallicheskikh materialov [Production and installation of technological pipelines from non-metallic materials]. Moscow. Stroyizdat [Stroyizdat], 1976. 159 p. (In Russian).

11. Owen M.J. Failure of glass-reinforcedplasticsundersingleandrepeatedloading / M.J. Owen, R. Dukes. Journal of Strain Analysis for engineering design. 1967. Vol. 2. № 4. pp. 272–279.

12. KarimovE.Kh., KarimovO.Kh., Movsumzade E.M., Boev E.V. The influence of metal nanoparticles on the mechanical properties of composite materials. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2017, Vol. 9, no. 4, pp. 22–47. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-4-22-47. (InRussian).

13. Kamershteyn A.G., Rozhdestvenskiy V.V., Ruchimskiy M.N. Raschety truboprovodov na prochnost'. Spravochnaya kniga [Strength calculations of pipelines. Reference book]. Moscow: Gosudarstvennoye nauchno-tekhnicheskoye izdatel'stvo neftyanoy-igorno-toplivnoy literatury [State Scientific and Technical Publishing House of Oil and Mining and Fuel Literature]. 1963. 423 p. (In Russian). Available at: http://трубопровод.рф/static/books/2013/10/08/kamershtejn-raschet-magistralnyih-truboprovodov-na-prochnost-i-ustojchivost-1963.pdf (Accessed: 20.09.2019).

14. Loskutov YU.V., Kulikov YU.A. Prochnost' izhostkost' krivolineynykh mnogosloynykh kompozitnykh trub pri chistom izgibe [Strength and stiffness of curved multilayer composite pipes with clean bending]. Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy [Mechanics of composite materials and structures]. 2008. V. 14. No. 2. P. 157–164. (In Russian).

15. Loskutov YU.V., Kulikov YU.A., Shlychkov S.V., Temnova Ye.B. Uprugiye kharakteristiki mnogosloynykh krivolineynykh trub iz armirovannogo plastika [Elastic characteristics of multilayer curved pipes made of reinforced plastic]. Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktsiy [Mechanics of composite materials and structures]. 2006. V. 12. No. 2. P. 219–233. (In Russian).

16. Vallons K., Adolphs G., Lucas P., Lomov S.V., Verpoest I. The influence of the stitching pattern on the internal geometry, quasi-static and fatigue mechanical properties of glass fibre non-crimp fabric composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2014. Vol. 56. P. 272–279.

17. Hydro R.M. Epoxies toughened with triblock copolymers / R. M. Hydro, R. A. Pearson. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics. 2007. №45.P. 1470–1481.

18. Prodromou A.G., Lomov S.V., Verpoest I. The method of cells and the mechanical properties of textile composites. Composite Structures. 2011. Vol. 93. № 4. P. 1290–1299.

19. Korotkov A.V. Razrabotka metodiki rascheta parametro v dinamicheskoy ustoychivosti mnogosloynykh kompozitnykh truboprovodov letatel'nykh apparatov [Development of a methodology for calculating the dynamic stability parameters of multilayer composite aircraft pipelines]. Diss. ... kand. tekhn. nauk [Ph.D. thesis]. Yoshkar-Ola, 2011. 159 p. (In Russian).

20. Loskutov YU.V., Ivanov S.P., Bagautdinov I.N., Gizatullin R.G., Yegorov A.V. Vliyaniy eskhemy namotki na zhestkost' i napryazhennoye sostoyaniye mnogosloynykh krivolineynykh trub iz kompozitsionnykh materialov [The influence of the winding scheme on the stiffness and stress state of multilayer curved pipes made of composite materials]. Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzheniy [Structural Mechanics of Engineering Structures and Structures]. 2011. No. 4. P. 57–63. (In Russian).

21. Loskutov YU.V. Prochnost' nefteprovodov iz armirovannykh plastikov [Strength of oil pipelines from reinforced plastics]. Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental research]. 2013. No. 11-9. P. 1824–1828. (In Russian). Available at: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33464 (Accessed: 20.12.2019).

22. Dil'man V.V., Polyanin A.D. Metody model'nykh uravneniy i analogiy v khimicheskoy tekhnologii [Methods of model equations and analogies in chemical technology]. Moscow: Khimiya [Chemistry], 1988. 304 p. (In Russian).
23. Baykov I.R., Zhdanova T.G., Gareyev E.A. Modelirovaniye tekhnologicheskikh protsessov truboprovodnogo transporta nefti i gaza [Modeling of technological processes of pipeline transport of oil and gas].Ufa: UNI [Ufa: UNI], 1994. 128 p. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков И.Р., Смородова О.В., Китаев С.В. Энергетическаяэффективность нанокомпозитных трубопроводов // Нанотехнологии в строительстве.– 2018. – Т. 10, № 3. – С. 20–36. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-3-20-36 (дата обращения 20.09.2019).
2. Смородова О.В., Костарева С.Н., Байков И.Р., Башарова Л.Р. Эффективность композитных трубопроводов для газотранспортных систем // Нефтегазовое дело. – 2019. – № 1. – С. 201–217. – URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2019/ogbus_1_2019_p201-217.pdf. (дата обращения 20.09.2019).
3. Зайцев К.И. Применение пластмассовых труб на объектах газовой промышленности // Строительство трубопроводов. – 1996. – № 3. – С. 33–34.
4. Ягубов Э.З. Разработка принципов обеспечения конструктивной надежности нефтегазопроводных систем на основе коррозионностойких композитных труб. – Дисс. ... д-ра техн. наук. – Ухта, 2011. – 319 с.
5. Bashar M. Study of matrix micro-cracking in nano clay and acrylic tri-block- copolymer modified epoxy/basalt fiber-reinforced pressure-retaining structures / M. Bashar, U. Sundararaj, P. Mertiny // eXPRESS Polymer Letters. 2011. V. 5. № 10. P. 882–896.
6. Harris B. Fatigue in composits. – England: Woodheard Publish Lmt., 2003. 742 p.
7. Hsieh T.H. The toughness of epoxy polymers and fibre composites modified with rubber microparticles and silica nanoparticles / T.H. Hsieh, A.J. Kinloch, K. Masania, S.J. Lee, A.C. Taylor, S. Sprenger // Journal of Materials Science. 2010. № 45. P. 1193–1210.
8. Smorodova O.V., Kitaev S.V., Baikov I.R. Composite gas pipelines: prospects of energy conservation//Всборнике: Journal of Physics: Conference Series 2018. С. 012069. URL:http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1111/1/012069/pdf (дата обращения 20.09.2019).
9. Калинчев В. А., Макаров М. С. Намотанные стеклопластики.– М.: Химия, 1986. – 272 с.
10. Колчинский Ю.Л. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов из неметаллических материалов. – М.: Стройиздат, 1976. – 159 с.
11. Owen M. J. Failure of glass-reinforced plasticsundersingleandrepeatedloading / M. J. Owen, R. Dukes // Journal of Strain Analysis for engineering design. 1967. Vol. 2. № 4. pp. 272–279.
12. Каримов Э.Х., Каримов О.Х., Мовсумзаде Э.М., Боев Е.В. Влияние наночастиц металла на механические характеристики композитных материалов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 22–47. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-4-22-47 (дата обращения: 20.09.2019).
13. Камерштейн А.Г., Рождественский В.В., Ручимский М.Н. Расчеты трубопроводов на прочность. Справочная книга. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1963.– 423 с. – URL: http://трубопровод.рф/static/books/2013/10/08/kamershtejn-raschet-magistralnyih-truboprovodov-na-prochnost-i-ustojchivost-1963.pdf (дата обращения: 20.09.2019).
14. Лоскутов Ю.В., Куликов Ю.А. Прочность и жесткость криволинейных многослойных композитных труб при чистом изгибе // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 157–164.
15. Лоскутов Ю.В., Куликов Ю.А., Шлычков С.В., Темнова Е.Б. Упругие характеристики многослойных криволинейных труб из армированного пластика // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2006. – Т. 12, № 2. – С. 219–233.
16. Vallons K., Adolphs G., Lucas P., Lomov S.V., Verpoest I. The influence of the stitching pattern on the internal geometry, quasi-static and fatigue mechanical properties of glass fibre non-crimp fabric composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2014. Vol. 56. P. 272–279.
17. Hydro R.M. Epoxies toughened with triblock copolymers [Текст] / R.M. Hydro, R.A. Pearson // Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics. 2007. № 45. P. 1470–1481.
18. Prodromou A.G., Lomov S.V., Verpoest I. The method of cells and the mechanical properties of textile composites // Composite Structures. 2011. Vol. 93. № 4. P. 1290–1299.
19. Коротков А.В. Разработка методики расчета параметров динамической устойчивости многослойных композитных трубопроводов летательных аппаратов. – Дисс. ... канд. техн. наук. – Йошкар-Ола, 2011. – 159 с.
20. Лоскутов Ю.В., Иванов С.П., Багаутдинов И.Н., Гизатуллин Р.Г., Егоров А.В. Влияние схемы намотки на жесткость и напряженное состояние многослойных криволинейных труб из композиционных материалов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – № 4.– С. 57–63.
21. Лоскутов Ю.В. Прочность нефтепроводов из армированных пластиков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-9. – С. 1824–1828.– URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33464 (дата обращения: 20.12.2019).
22. Дильман В.В., Полянин А.Д. Методы модельных уравнений и аналогий в химической технологии. – М.: Химия, 1988. – 304 с.

23. Байков И.Р., Жданова Т.Г., Гареев Э.А. Моделирование технологических процессов трубопроводного транспорта нефти и газа. – Уфа: УНИ, 1994. – 128 с.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Igor R. Baikov, Ufa State Petroleum Technological University; 450064, Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, Kosmonavtov St., 1, Doctor of Engineering, Professor, Full member of Academy of Mining Engineering, Head of Department «Industrial Heat Powering», pte.ugntu@rusoil.net;

Olga V. Smorodova, Ufa State Petroleum Technological University; 450064, Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, Kosmonavtov St., 1, PhD inEngineering, Associate Professor of Department «Industrial Heat Powering», olga_smorodova@mail.ru;

Vadim R. Baibakov, Ufa State Petroleum Technological University; 450064, Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, Kosmonavtov St., 1, Undergraduate student of Department «Transport and Storage of Oil and Gas», vadim-rishatovich@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Байков Игорь Равильевич, д-р техн. наук, проф., действительный член Академии горных наук, зав. каф. «Промышленная теплоэнергетика»,ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, г. Уфа, Республика Башкортостан, ул. Космонавтов, д. 1, pte.ugntu@rusoil/net;

Смородова Ольга Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, г. Уфа, Республика Башкортостан, ул. Космонавтов, д. 1, olga_smorodova@mail.ru;

Байбаков Вадим Ришатович, студент бакалавриата кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; 450064, г. Уфа, Республика Башкортостан, ул. Космонавтов, д. 1 vadim-rishatovich@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: olga_smorodova@mail.ru

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695
UDC 547.311+544.7+544.23+541.128

Nanomodification of epoxy binders

Authors:

Lyaylya A. Abdrakhmanova,
Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia,
laa@kgasu.ru;

Vadim G. Khozin,
Head of Department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia,
khozin.vadim@yandex.ru;

Rashit K. Nizamov,
Rector, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia,
nizamov@kgasu.ru

Abstract: In this work, we studied the effect on the properties of epoxy polymers of domestic nanoproduction – carbon nanotubes produced by NanoTechCenter LLC (RF, Tambov). It has been determined that the modification of functionalized CNTs is the most effective in the composition of epoxy resins, for example, in terms of increasing the adhesive properties of binders, and they can be recommended in the formulations of epoxy adhesives. Modification of CNTs leads to a change in the microstructure of the polymer, depending on the curing conditions.

Keywords: nanostructures, modification, epoxy polymers.

Acknowledgments: LLC NanoTechCenter (Tambov) for the provided samples of carbon nanomaterials; Interdisciplinary center «Analytical Microscopy» KFU (Kazan) for conducting research on the microstructure of samples.

For citation: Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Nizamov R.K. Nanomodification of epoxy binders. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 686–695. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

Nanomodification of epoxy binders. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 686–695. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL"> Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Nizamov R.K. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="laa@kgasu.ru" rel="cc:morePermissions">laa@kgasu.ru.

The paper has been received by editors: 05.11.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 29.11.2019.
The paper has been accepted for publication: 02.12.2019.

Наномодификация эпоксидных связующих

Авторы:

Абдрахманова Ляйля Абдулловна,
профессор, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Республика Татарстан, Россия, laa@kgasu.ru;

Хозин Вадим Григорьевич,
заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Республика Татарстан, Россия, khozin.vadim@yandex.ru;

Низамов Рашит Курбангалиевич,
ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Казань, Республика Татарстан, Россия, nizamov@kgasu.ru

Резюме: В настоящей работе изучено влияние на свойства эпоксидных полимеров отечественной нанопродукции – углеродных нанотрубок, производимых ООО «НаноТехЦентр» (РФ, г. Тамбов). Установлено, что в составе эпоксидных смол наиболее эффективна модификация функционализированными УНТ, например, с точки зрения увеличения адгезионных свойств связующих, и они могут быть рекомендованы в рецептурах эпоксидных клеев. Модификация УНТ ведет к изменению микроструктуры полимера, зависящему от условий отверждения.

Ключевые слова: наноструктуры, модификация, эпоксидные полимеры.

Благодарности: ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов) за предоставленные образцы углеродных наноматериалов; междисциплинарный центр «Аналитическая микроскопия» КФУ (г. Казань) за проведение исследований микроструктуры образцов.

Для цитирования: Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Низамов Р.К. Наномодификация эпоксидных связующих // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 686–695. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

Nanomodification of epoxy binders. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 686–695. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL"> Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Nizamov R.K. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="laa@kgasu.ru" rel="cc:morePermissions">laa@kgasu.ru.

Статья поступила в редакцию: 05.11.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 29.11.2019.
Статья принята к публикации: 02.12.2019.

INTRODUCTION

The main direction in modern materials science is the creation of composite materials, among which polymer plays a leading role [1], due to the highest values of specific indicators of strength, stiffness and other properties. Development of polymers is associated with the development of new binders, which, in addition to high mechanical properties, must have heat resistance and thermal stability, chemical resistance, etc., and, of course, adaptability, since there is a symbiotic relationship between the properties of the binder and composite material [2]. Epoxy polymers are the main polymer materials in structural adhesives, protective and decorative coatings, bulk floors and high-strength glass and basalt fiber composites for construction purposes. The use of epoxy polymers in technology is associated, first of all, with the high manufacturability of epoxy resins, and, secondly, with unique performance characteristics that satisfy many requirements.

In order to reduce the cost and achieve high operational characteristics, first of all, hardness, elastic modulus, heat resistance, wear resistance of the material, i.e. increase the degree of resistance to external force, basic epoxy polymers are modified. Recent studies have highlighted the effectiveness of nanomodification, in particular, carbon nanotubes (CNTs), to obtain materials with fundamentally new properties [3].

Nanomodifications of epoxy polymers with carbon nanotubes, both non-functionalized and functionalized, many works have been devoted to [3–11]. In [3], an analysis of the problems of nanomodification of epoxy polymers by carbon nanotubes is given. In [4], the results of work in the field of modifying CNTs and the creation of composites with their participation for the production of new generation materials were analyzed. The inconsistency of many experimental data on the modification of epoxy resins is noted, both in terms of their effect on the cure rate and in terms of the mechanical properties of the cured matrices. The authors' research works published earlier [12, 13] determined the extreme concentration dependence of the main technological and technical properties of nanomodified composites with maxima at hundredths and thousandths of a percent of nanosupplements of various chemical nature.

In this work, we study the effect on the properties of epoxy polymers of domestic production of carbon nanostructures (ONS) produced by NanoTechCenter LLC (Tambov).

MAIN PART

Experimental part

In the present work, samples of epoxy compositions with the addition of various concentrations of CNTs to the base composition were prepared. The base resin was taken epoxy-diane resin ED-20, and as a hardener polyethylene polyamine in the amount of 15 m.h. per 100 m.h. pitches. Nanomodifiers were introduced from 0.01 to 10%. The following types of ONS are used:

- aqueous colloidal dispersion of carbon nanotubes (CNTs) of the Taunit-M, stabilized in a weakly alkaline medium by phenol-formaldehyde resin (PFS): (PFS – 1%; CNT «Taunit M» – 2%).
- Taunit-M_{fun} – free-flowing black powder of carbon nanotubes of the Taunit-M, functionalized by alkyl groups by the gas-phase method. The content of alkyl groups is 11.5%.

The basic multilayer CNTs of Taunit-M are nanosized, quasi-one-dimensional filamentary formations of polycrystalline graphite with a cylindrical orientation of layers with internal channels (inner diameter 4–8 nm, outer diameter 8–15 nm, tube length ⩾2 μm).

It was shown that the efficiency of nanomodification depends on the sequence of combining the components in the binder [14]. In this work, for the preparation of samples, the following sequence of combining the components of the binder was selected: Epoxy resin ED-20 + CNT + PEPA hardener.The curing mode of the composition: 1. Exposure for 24 hours at room temperature; 2. Heat treatment at a temperature of 80°C for 6 hours.

To assess the effectiveness of nanomodification, the following test and research methods were used:

1. Vickers microhardness was determined according to GOST R ISO 6507-1-2007.

2. The strength of the adhesive seam on the gap was determined according to GOST 14760-69.

3. The glass transition temperature and high elasticity modulus were determined by thermomechanical compression curves (TMC) obtained using the installation with Master Scada software. The measurements were carried out on samples in the form of cylinders with a thickness of 3 mm and a diameter of 8 mm with a constant compressive specific load $\sigma = 1.25$ MPa and a temperature increase rate of 30°C/min. The glass transition temperature T_{st} was estimated by the transition point on the curve from the glassy to highly elastic state. The modulus of high elasticity was calculated based on the data of the relative deformation of the samples in the high elastic region (from TMC).

4. The microstructure of the surface of the brittle cleavage of cured samples was recorded using a Carl Zeiss Metril field-emission high-resolution scanning electron microscope with an accelerating voltage of primary electrons of 5 kV and a probe current of 300 pA to minimize the impact on the object under study. The preparation procedure is as follows: epoxy samples were placed in liquid nitrogen, after which cleavage was performed. Chipped samples were fixed on the holder and placed in the chamber of the Quorum Q150TES vacuum installation. The conductive layer was deposited by cathodic

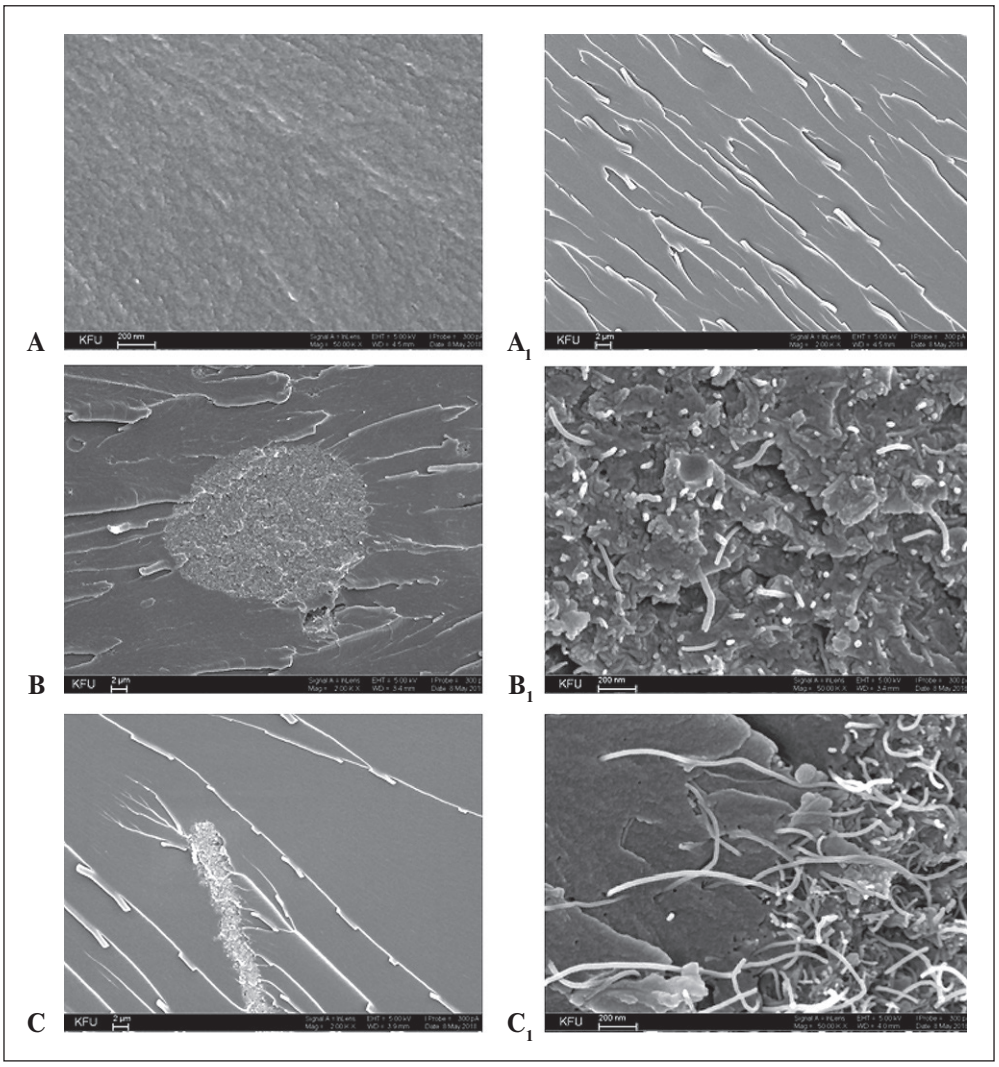


Fig. **Electronic micrographs of epoxy polymers:**
A, A_1 – Control sample; B, B_1 – 0.05% CNT in the form of a stabilized dispersion;
C, C_1 – 0.5% CNT Taunit-M in the form of a functionalized powder:
A, B, C (scale 2 μm); A_1, B_1, C_1 (200 nm scale)

sputtering of Au/Pd alloys in a ratio of 80/20. The thickness of the deposited layer was 15 nm.

Research results and discussion

Patterns of changes in macroproperties during nanomodification are specific depending on the type of ONS. First, the optimum properties are observed at concentrations of 0.05% in the case of the use of CNT dispersions and 0.5% for functionalized aggregated CNT powders. Secondly, the absolute values of microhardness are higher in the case of using functionalized CNTs.

Electron micrographs of brittle cleavage of samples at optimal CNT concentrations in comparison with control unmodified samples of epoxy polymers in different scale ranges are shown in Fig.

The nature of structural changes allows us to some extent explain the greater efficiency of functionalized CNTs. A comparison of microphotographs shows that the introduction of CNTs in the form of dispersions leads to the separation of microphases 18–20 μm in size, while functionalized CNTs lead to the formation of extended microphases with a diameter of about 2 μm. Microphotographs of the structure of these inclusions (Figs. B_1 and C_1) show that CNTs are distributed precisely in the volume of these microinclusions.

In the table gives the properties of the optimal formulations of modified epoxy polymers.

Table
Indicators of optimal compositions of nanomodified samples

Name and concentration of CNT (%)	Peel strength, kPa	Microhardness, kg/mm^2	Glass transition temperature, °C	High-elasticity omodulus, MPa
Control	118	15.8	124	4.9
0,05% CNT (dispersion)	45	23.5	126	5.4
0,5% Taunit-M$_{fun}$	139	30.8	105	3.8

The indicators of optimal formulations of epoxy composites presented in Table are interpreted as follows:

1. Peel strength of the adhesive joint increases in the presence of functionalized CNTs. In the case of using functionalized CNTs, the detachment mechanism is adhesive, in contrast to the control sample and in the presence of aqueous dispersions.

2. In the case of functionalized tubes, with a decrease in the glass transition temperature, an increase in mechanical properties is observed, which is rarely observed in the case of native CNTs. All these data suggest that there are phase inclusions in the epoxy matrix with significantly different structures and properties from the matrix. It is believed that the boundary layer of the polymer is more elastic than the original epoxy structure. It is significant that the introduction of ONS leads to an increase in the microhardness of the samples.

CONCLUSION

Thus, comparing the results of changes in operational indicators, it can be concluded that the modification of functionalized CNTs is the most effective in the composition of epoxy resins, due to a more uniform distribution of the nanoparticle in the polymer matrix. Under the action of functionalized CNTs, a more rare-mesh structure is formed. Obviously, the hardener molecules are oriented on the surface of the nanostructures, that contributes to the development of network formation with elongation of interstitial fragments.

ВВЕДЕНИЕ

Главным направлением в современном материаловедении является создание композиционных материалов, среди которых полимерным принадлежит ведущая роль [1] благодаря наивысшим значениям удельных показателей прочности, жесткости и других свойств. Их развитие связано с разработкой новых связующих, которые, кроме высоких механических показателей, должны обладать тепло- и термостойкостью, химическим сопротивлением и т.д., и, безусловно, технологичностью, поскольку существует симбатность между свойствами связующего и композиционного материала [2]. Эпоксидные полимеры являются основными полимерными материалами в конструкционных клеях, защитно-декоративных покрытиях, наливных полах и высокопрочных стекло- и базальтоволокнистых композитах строительного назначения. Применение эпоксидных полимеров в технике связано, в первую очередь, с высокой технологичностью эпоксидных смол, а, во-вторых, с уникальными эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими многие требования.

Для снижения стоимости и достижения высоких эксплуатационных характеристик, в первую очередь, прочности, твердости, модуля упругости, теплостойкости, износостойкости материала, т.е. повышения степени сопротивления внешним силовым воздействиям, базовые эпоксидные полимеры подвергают модификации. Исследования последних лет позволяют выделить эффективность наномодификации, в частности, углеродными нанотрубками (УНТ), для получения материалов с принципиально новыми свойствами [3].

Наномодификации эпоксидных полимеров углеродными нанотрубками, как нефункционализированными, так и функционализированными, посвящено много работ [3–11]. В [3] дается анализ проблем наномодификации эпоксидных полимеров углеродными нанотрубками. В работе [4] проанализированы результаты работ в области модифицирования УНТ и создания композитов с их участием для получения

материалов нового поколения. Отмечается противоречивость многих экспериментальных данных при модификации эпоксидных смол, как по влиянию на скорость отверждения, так и по показателям механических свойств отвержденных матриц. В представленных ранее публикациях авторов [12, 13] была установлена экстремальная концентрационная зависимость основных технологических и технических свойств наномодифицированных композитов с максимумами при сотых и тысячных долях процента нанодобавок различной химической природы.

В настоящей работе изучается влияние на свойства эпоксидных полимеров отечественной продукции углеродных наноструктур (УНС), производимых ООО «НаноТехЦентр» (г. Тамбов).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальная часть

В представленной работе были подготовлены образцы эпоксидных композиций с добавлением в базовый состав УНТ различной концентрации. В качестве базовой смолы взята эпоксидно-диановая смола ЭД-20, а в качестве отвердителя полиэтиленполиамин в количестве 15 м.ч. на 100 м.ч. смолы. Наномодификаторы вводились от 0,01 до 10%. Использованы следующие виды УНС:

- водная коллоидная дисперсия углеродных нанотрубок (УНТ) марки «Таунит-М», стабилизированная в слабощелочной среде фенолформальдегидной смолой (ФФС): (ФФС – 1%; УНТ «Таунит-М» – 2%).
- Таунит-$М_{функ}$ – сыпучий порошок черного цвета углеродных нанотрубок марки Таунит-М, функционализированных алкильными группами газофазным методом. Содержание алкильных групп 11,5%.

Базовые многослойные УНТ Таунит-М – наноразмерные, квазиодномерные нитевидные образования поликристаллического графита с цилиндрической ориентацией слоев с внутренними каналами (внутренний диаметр 4–8 нм, внешний диаметр 8–15 нм, длина трубок ⩾2 мкм).

Было показано, что эффективность наномодификации зависит от последовательности совмещения компонентов в связующем [14]. В данной работе для приготовления образцов выбрана следующая последовательность совмещения компонентов связующего: эпоксидная смола ЭД-20 + УНТ + отвердитель ПЭПА.

Режим отверждения композиции: 1. выдержка в течение 24 часов при комнатной температуре; 2. термообработка при температуре 80°С в течение 6 часов.

Для оценки эффективности наномодификации использованы следующие методы испытаний и исследований:

1. Микротвердость по Виккерсу определялась согласно ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007.

2. Прочность клеевого шва на отрыв определялась по ГОСТ 14760-69.

3. Температура стеклования и модуль высокоэластичности определялись по термомеханическим кривым (ТМК) сжатия, полученным на установке с программным обеспечением Master Scada. Измерения проводились на образцах в виде цилиндров толщиной 3 мм и диаметром 8 мм при постоянной сжимающей удельной нагрузке $\sigma = 1{,}25$ МПа и скорости повышения температуры 30°С/мин. Температура стеклования $Т_{ст}$ оценивалась по точке перехода на кривой из стеклообразного в высокоэластическое состояние. Модуль высокоэластичности рассчитывался исходя из данных относительной деформации образцов в высокоэластической области (из ТМК).

4. Съемку микроструктуры поверхности хрупкого скола отвержденных образцов производили на автоэмиссионном высокоразрешающем сканирующем электронном микроскопе Metril компании Carl Zeiss при ускоряющем напряжении первичных электронов 5 кВ и зондовом токе 300 пА для минимального воздействия на объект исследования. Методика препарирования следующая: эпоксидные образцы помещались в жидкий азот, после чего производился скол. Сколы образцов фиксировались на держателе и помещались в камеру вакуумной установки Quorum Q150TES. Нанесение проводящего слоя проводилось методом катодного распыления сплавов Au/Pd в соотношении 80/20. Толщина нанесенного слоя составляла 15 нм.

Результаты исследования и их обсуждение

Закономерности изменения макросвойств при наномодифицировании имеют специфику в зависимости от вида УНС. Во-первых, оптимум свойств наблюдается при концентрациях 0,05% в случае использования дисперсий УНТ и 0,5% для функционализированных агрегированных порошков УНТ. Во-вторых, абсолютные величины микротвердости выше в случае использования функционализированных УНТ.

Электронные микрофотографии хрупкого скола образцов при оптимальных концентрациях УНТ в сравнении с контрольными немодифицированными образцами эпоксидных полимеров в разных масштабных линейках представлены на рис.

Характер структурных изменений позволяет в определенной степени объяснить большую эффективность функционализированных УНТ. Сравнение

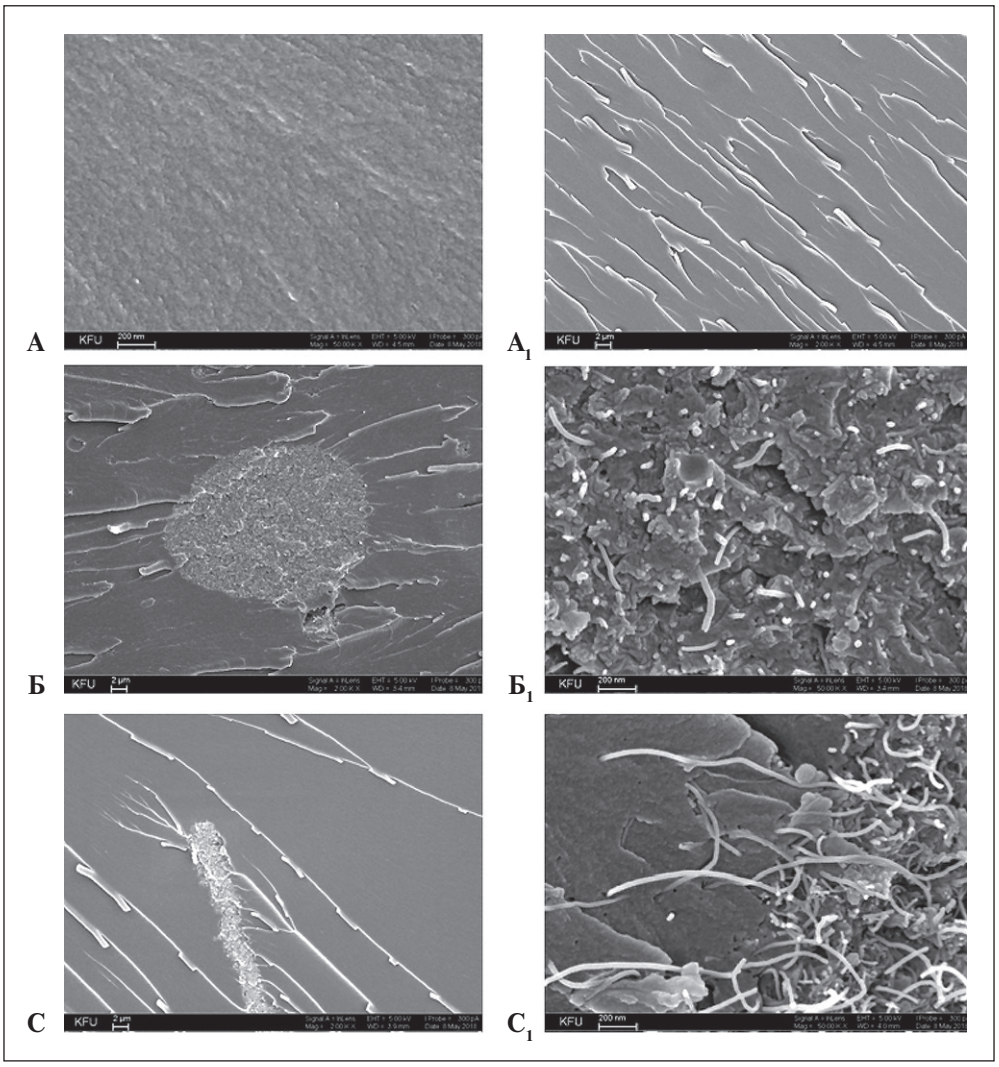


Рис. **Электронные микрофотографии эпоксидных полимеров:**
А, $А_1$ – контрольный образец; Б, $Б_1$ – 0,05% УНТ в виде стабилизированной дисперсии; С, $С_1$ – 0,5% УНТ Таунит-М в виде функционализированного порошка: А, Б, С (масштаб 2 мкм); $А_1$, $Б_1$, $С_1$ (масштаб 200 нм)

микрофотографий показывает, что введение УНТ в форме дисперсий приводит к выделению микрофаз размером 18–20 мкм, а функционализированные УНТ приводят к образованию протяженных микрофаз диаметром около 2 мкм. Микрофотографии строения этих включений (рис. $Б_1$ и $С_1$) показывают, что УНТ распределены именно в объеме этих микровключений.

В табл. даны свойства оптимальных рецептур модифицированных эпоксидных полимеров.

Представленные в табл. показатели оптимальных рецептур эпоксидных композитов интерпретируются следующим образом:

1. Прочность клеевого соединения на отрыв увеличивается в присутствии функционализированных УНТ. В случае применения функционализированного УНТ механизм отрыва адгезионный в отличие от контрольного образца и в присутствии водных дисперсий.

2. В случае функционализированных трубок при снижении температуры стеклования наблюдается увеличение механических свойств, что редко наблюдали в случае нативных УНТ. Все эти данные предполагают, что в эпоксидной матрице существуют фазовые включения с существенно отличающимися от матрицы структурой и свойствами. Считается, что приграничный слой полимера более эластичен по сравнению с исходной эпоксидной структурой. Показательно, что введение УНС приводит к росту микротвердости образцов.

Таблица
Показатели оптимальных составов наномодифицированных образцов

Наименование и концентрация УНТ (%)	Прочность на отрыв, кПа	Микротвердость, кг/мм^2	Температура стеклования, °С	Модуль высокоэластичности, МПа
Контрольный	118	15,8	124	4,9
0,05% УНТ (дисперсия)	45	23,5	126	5,4
0,5% Таунит$_{функц}$	139	30,8	105	3,8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сравнивая результаты изменения эксплуатационных показателей, можно заключить, что в составе эпоксидных смол наиболее эффективна модификация функционализированными УНТ, обусловленная более равномерным распределением нанодобавки в матрице полимера. Под действием функционализированных УНТ формируется более редкосетчатая структура. Очевидно, что происходит ориентация молекул отвердителя на поверхности наноструктур, что способствует развитию сеткообразования с удлинением межузловых фрагментов.

REFERENCES

1. Berlin A.A., Wolfson S.A., Oshmyan V.G., Enikolopov N.S. Principy sozda-nija kompozicionnyh polimernyh materialov [The principles of creation of composite polymer materials]. Moscow. Himija [Chemistry]. 1990. 238 p. (In Russian).
2. Kerber M. L. Polimernye kompozicionnye materialy. Struktura. Svojstva. Tehnologii. [Polymer composite materials. Structure. Properties Technologies]. St. Petersburg. Professija [Profession]. 2008. 560 p. (In Russian).
3. Irzhak V.I. Jepoksidnye kompozicionnye materialy s uglerodnymi nano-trubkami [Epoxy composite materials with carbon nanotubes]. Uspekhi khimii [Advances in Chemistry]. 2011. No. 80 (8). P. 821–840. (In Russian).
4. Badamshina E.R., Gafurova M.P., Estrin Y.I. Modificirovanie uglerodnyh nanotrubok i sintez polimernyh kompozitov s ih uchastiem [Modification of carbon nanotubes and the synthesis of polymer composites with their participation]. Uspekhi khimii [Advances in Chemistry]. 2010. 79 (11). P. 1027–1063. (In Russian).
5. Badamshina E.R., Estrin Y.I. Nanomodificirovanie jepoksidnyh oligomerov – literaturnye dannye i sobstvennye rezul'taty [Nanomodification of epoxy oligomers – literature data and own results]. Sbornik tezisov dokladov V mezhduna-rodnoj konferencii-shkoly po himii i fiziko-himii oligomerov [Collection of Abstracts of the V International Conference-School on the Chemistry and Physical Chemistry of Oligomers]. Volgograd. 2015. P. 8. (In Russian).
6. Wang C., Guo Z.-X., Fu S., Wu W., Zhu D. Polymers containing fullerene or carbon nanotube structures. Prog. Polym. Sci. 2004. V. 29. P. 1079–1141.
7. Wagner H.D. Stress-induced fragmentation of multiwall carbon nanotubes in a polymer matrix. Applied Physics Letters. 1998. Vol. 72. P. 188.
8. Zimin D.E., Tatarintseva O.S., Kychkin A.K. Nanomodifikacija jepoksidnogo svjazujushhego dlja sozdanija bazal'toplastika s uluchshennymi jekspluatacionnymi svojstvami [Nanomodification of epoxy binder to create basalt plastic with improved performance propertie]. Polzunovskij vestnik [Polzunovsky Bulletin]. 2013. No. 3. P. 282–285. (In Russian).
9. Titov S.A., Tkachev A.G., Slepov S.K., Anikhovskaya L.I., Melezhik A.V., Dotsenko A.M., Vermel V.D., Kladova L.S. Sposob dispergirovanija nanochastic v jepoksidnoj smole [The method of dispersing nanoparticles in epoxy resin]. Patent 2500706 RF IPC C09J4/00. 2013. Bull. No. 34. (In Russian).
10. Khozin V.G., Starovoitova I.A., Maysuradze N.V., Zykova E.S., Halikova R.A., Korzhenko A.A., Trineeva V.V., Yakovlev G.I. Nanomodificirovanie polimernyh svjazuju-shhih dlja konstrukcionnyh kompozitov [Nanomodification of polymer binders for structural composites]. Stroitel'nye materialy [Building Materials]. 2013. No. 2. P. 4–11. (In Russian).
11. Starovoitova I.A., Khozin V.G., Korzhenko A.A., Halikova R.A., Zykova E.S. Strukturoobrazovanie v organo-neorganicheskih svjazujushhih, modificirovannyh koncentr-atami mnogoslojnyh uglerodnyh nanotrubok [Structure formation in organo-inorganic

binders modified with concentrates of multilayer carbon nanotubes]. Stroitel'nye materialy [Building Materials]. 2014. No. 1–2. P. 12–20. (In Russian).

12. Khozin V.G., Nizamov R.K., Abdrakhmanova L.A. Modifikacija stroitel'nyh po-limerov (polivinilhlorida i jepoksidnyh) odnoslojnymi uglerodnymi trubkami [Modification of building polymers (polyvinyl chloride and epoxy) with single-layer carbon pipes]. Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2017. No. 1–2. P. 55–61. (In Russian).

13. Khozin V.G., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. The general concentration pattern of the effects of nanomodification of building materials. Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2015. No. 2. P. 25–33. (In Russian).

14. Khozin V.G., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K., Khantimirov A.G., Mustavina A.R. Vozmozhnosti primenenija produkcii OOO «NanoTehCentr» dlja poluchenija polimer-nyh nanokompozitov stroitel'nogo naznachenija [The possibilities of application of products of Nanotechcenter LLC for obtaining polymer nanocomposites of construction purposes]. Trudy III Mezh-dunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Grafen i rodstvennye struktury: sintez, proizvodstvo i primenenie» [Materials of the III International Scientific-Practical Conference «Graphene and Related Structures: Synthesis, Production, and Application»]. Tambov. 2019. P. 241–242. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов – М.: Химия, 1990. – 238 с.

2. Кербер М.Л., Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.

3. Иржак В.И. Эпоксидные композиционные материалы с углеродными нанотрубками // Успехи химии. – 2011. – № 80(8). – С. 821–840.

4. Бадамшина Э.Р., Гафурова М.П., Эстрин Я.И. Модифицирование углеродных нанотрубок и синтез полимерных композитов с их участием // Успехи химии. – 2010. – 79 (11). – С. 1027–1063.

5. Бадамшина Э.Р., Эстрин Я.И. Наномодифицирование эпоксидных олигомеров – литературные данные и собственные результаты // Сборник тезисов докладов Y международной конференции-школы по химии и физико-химии олигомеров. – Волгоград. – 2015. – С. 8.

6. Wang C., Guo Z.-X., Fu S., Wu W., Zhu D. Polymers containing fullerene or carbon nanotube structures // Prog. Polym. Sci. – 2004. – V. 29. – P. 1079–1141.

7. Wagner H.D. Stress-induced fragmentation of multiwall carbon nanotubes in a polymer matrix //Applied Physics Letters. – 1998. – Vol. 72. – P. 188.

8. Зимин, Д.Е., Татаринцева О.С., Кычкин А.К. Наномодификация эпоксидного связующего для создания базальтопластика с улучшенными эксплуатационными свойствами // Ползуновский вестник. – 2013. – № 3. – С. 282–285.

9. Титов С.А., Ткачев А.Г., Слепов С.К., Аниховская Л.И., Мележик А.В., Доценко А.М, Вермель В.Д., Кладова Л.С. Способ диспергирования наночастиц в эпоксидной смоле // Патент 2500706 РФ МПК C09J4/00. 2013. Бюл. №34.

10. Хозин В.Г., Старовойтова И.А., Майсурадзе Н.В., Зыкова Е.С., Халикова Р.А., Корженко А.А., Тринеева В.В., Яковлев Г.И. Наномодифицирование полимерных связующих для конструкционных композитов // Строительные материалы. – 2013. – № 2. – С. 4–11.

11. Старовойтова И.А., Хозин В.Г., Корженко А.А., Халикова Р.А., Зыкова Е.С. Структурообразование в органо-неорганических связующих, модифицированных концентратами многослойных углеродных нанотрубок // Строительные материалы. – 2014. – № 1–2. – С. 12–20.

12. Хозин В.Г., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А. Модификация строительных полимеров (поливинилхлорида и эпоксидных) однослойными углеродными трубками // Строительные материалы. – 2017. – № 1–2. – С. 55–61.

13. Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Общая концентрационная закономерность эффектов наномодифицирования строительных материалов // Строительные материалы. – 2015. – № 2. – С. 25–33.

14. Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хантимиров А.Г., Мустафина А.Р. Возможности применения продукции ООО «НаноТехЦентр» для получения полимерных нанокомпозитов строительного назначения / Труды III Международной научно-практической конференции «Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение». – Тамбов. 2019. – С. 241–242.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abdrakhmanova Lyaylya Abdullovna, Doctor of Engineering, Professor, Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya str., 1, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420043, laa@kgasu.ru

Khozin Vadim Grigorievich, Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department «Technology of Building Materials, Products and Structures», Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya str., 1, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420043, khozin.vadim@yandex.ru

Nizamov Rashit Kurbangalievich, Doctor of Engineering, Professor, Rector, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya str., 1, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420043, nizamov@kgasu.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдрахманова Ляйля Абдулловна, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология строительных материалов, изделий и конструкций», Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, д. 1, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, 420043, laa@kgasu.ru

Хозин Вадим Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология строительных материалов, изделий и конструкций», Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, д. 1, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, 420043, khozin.vadim@yandex.ru

Низамов Рашит Курбангалиевич, доктор технических наук, профессор, ректор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, д. 1, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, 420043, nizamov@kgasu.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: laa@kgasu.ru

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705
UDC 678

Development of a new PVC composition with reduced combustibility

Authors:

Aliya K. Mazitova,
Professor, Head of Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, elenaasf@yandex.ru;

Irina N. Vikhareva,
Assistant, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, vikhir@yandex.ru;

Il'naz I. Zaripov,
Undergraduate, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, ilnaz.zaripov1996@mail.ru;

Ruslan M. Mazitov,
Associate Professor, Department of History and Cultural Studies, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, mazitovps@mail.ru;

Vladimir I. Kanareikin,
Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, kanareikina1948@mail.ru

Abstract: Polyvinyl chloride (PVC) is one of the mostly plasticized polymers. The plasticizers used in this case are esters of aromatic or aliphatic acids with linear or branched aliphatic alcohols with a moderate chain length. Among them, phthalates (orthophthalic acid esters with fatty alcohols) have the widest range of applications among aromatic acid esters. They are characterized by excellent compatibility not only with PVC, but also with a number of other polymers, possess good physical and mechanical properties, but are toxic compounds. Therefore, their use is gradually being replaced by low-toxic and non-toxic plasticizers.

Adipic acid esters which are widely used are environmentally safe. However, their use in plastic compounds for cable products requires the introduction of special additives – flame retardants.

The results of the development of a low combustible PVC formulation are described herein. The dibutoxyethyl adipate developed by us was used as a plasticizer, and industrial di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate – as a flame retardant.

First of all, we obtained an ester of adipic acid and ethoxylated butanol with a degree of ethoxylation of 5. Conditions of its production with maximum yield are selected. The physical and chemical properties of the synthesized compound were studied. Formulations of PVC compositions based on the obtained adipate with various amounts of di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate were compiled. Flammability tests of PVC compounds are presented. The combustible characteristics of the cable plastic samples using the developed plasticizers comply with state standard 5960-72 with changes 3-9. The best results were obtained by using phosphorus-containing additive in an amount of 3 wt%. It is shown that small amounts of di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate provide fire-fighting properties.

Keywords: adipic acid, adipate, cable plasticate, combustibility, esterification, ethoxylation, ethoxylated butanol, flame retardant, plasticizer of polyvinyl chloride, phosphorus-containing plasticizer.

For citation: Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Zaripov I.I., Mazitov R.M., Kanarekin V.I. Development of a new PVC composition with reduced flammability Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 696–705. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

Development of a new PVC composition with reduced flammability by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 696–705. DOI:10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Zaripov I.I., Mazitov R.M., Kanarekin V.I. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="vikhir@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">vikhir@yandex.ru.

The paper has been received by editors: 14.11.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 02.12.2019.
The paper has been accepted for publication: 05.12.2019.

Разработка новой ПВХ-композиции с пониженной горючестью

Авторы:

Мазитова Алия Карамовна,
профессор, зав. каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, elenaasf@yandex.ru;

Вихарева Ирина Николаевна,
ассистент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, vikhir@yandex.ru;

Зарипов Ильназ Ильгизович,
магистрант каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, ilnaz.zaripov1996@mail.ru;

Мазитов Руслан Мидхатович,
доцент кафедры истории и культурологи, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, mazitovps@mail.ru;

Канарейкин Владимир Иванович,
доцент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, kanareikina1948@mail.ru

Резюме: Поливинилхлорид (ПВХ) является одним из полимеров, который чаще всего подвергается пластификации. Используемые при этом пластификаторы представляют собой сложные эфиры ароматических или алифатических кислот с линейными или разветвленными алифатическими спиртами с умеренной длинной цепью. Среди них фталаты (эфиры ортофталевой кислоты с жирными спиртами) имеют самый широкий спектр применения среди эфиров ароматических кислот. Они характеризуются отличной совместимостью не только с ПВХ, но и с рядом других полимеров, придают хорошие физико-механические свойства, но являются токсичными соединениями. Именно поэтому их применение постепенно вытесняется малотоксичными и нетоксичными пластификаторами.

Экологически безопасными являются сложные эфиры адипиновой кислоты, которые находят широкое применение. Однако их применение в пластикатах для кабельной продукции требует внесения в рецептуру специальных добавок – антипиренов.

В данной работе приведены результаты разработки рецептуры ПВХ-композиции, обладающей низкой горючестью. В качестве пластификатора был использован разработанный нами дибутоксиэтиладипинат. В качестве антипирена – промышленный ди(2-этилгексил)фенилфосфат.

В первую очередь нами был получен сложный эфир адипиновой кислоты и оксиэтилированного бутанола со степенью оксиэтилирования 5. Подобраны условия его получения с максимальным выходом. Изучены физико-химические свойства синтезированного соединения. Составлены рецептуры ПВХ-композиций на основе полученного адипината с различными количествами ди(2-этилгексил)фенилфосфата. Представлены результаты испытаний ПВХ-пластикатов на горючесть. Показатели горючести образцов кабельного пластиката с применением разработанных пластификаторов соответствуют ГОСТ 5960-72 с изм. 3-9. Наилучшие результаты были достигнуты при применении фосфорсодержащей добавки в количестве 3% масс. Показано, что именно малые количества ди(2-этилгексил)фенилфосфата обеспечивают противопожарные свойства.

Ключевые слова: адипиновая кислота, адипинат, антипирен, горючесть, кабельный пластикат, оксиэтилирование, оксиэтилированный бутанол, пластификатор поливинилхлорида, фосфорсодержащий пластификатор, этерификация.

Для цитирования: Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Зарипов И.И., Мазитов Р.М., Канарейкин В.И. Разработка новой ПВХ-композиции с пониженной горючестью // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 696–705. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

Development of a new PVC composition with reduced flammability by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 696–705. DOI:10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Zaripov I.I., Mazitov R.M., Kanarekin V.I. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="vikhir@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">vikhir@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию: 14.11.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 02.12.2019.
Статья принята к публикации: 05.12.2019.

INTRODUCTION

The use of plasticizers to produce plastic products began in the 1800s. Celluloid manufacturers used camphor and castor oil for plasticization purposes. Later, in 1912, triphenyl phosphate was tested to replace camphor oil, which was the beginning of an era of ester-based plasticizers [1].

Phthalic acid esters first found use as plasticizers in 1920 and still remain the most used plasticizers [2...3]. Di-(2-ethylhexyl) phthalate, also known as dioctyl phthalate (DOF), was first used in 1930 and is a reference plasticizer.

The plastics industry is constantly growing, and the demand for plasticizers is also constantly increasing. The current market offers many types of plasticizers that can be selected for different applications according to material requirements [4...9]. Since the 1980s, use of phthalates has been limited due to their toxic effects on human health and the environment [10...11]. This fact prompted some countries to develop restrictive regulations on the use of phthalates in flexible PVC products [12...13]. There is now a tendency to replace DOFs with higher molecular weight phthalates that are more stable, have lower solubility and lower migration rate, e.g. diisonyl phthalate (DINF) or diisodecyl phthalate (DIDF).

The most promising direction of phthalate replacement is the development of plasticizers based on low-toxic and non-toxic compounds, which meets the requirements of green chemistry [14...15].

Adipic acid esters according to state standard 8728-88 are low-toxic compounds that give PVC materials stability at low temperatures, high resistance to migration to gasoline and oils [16...18].

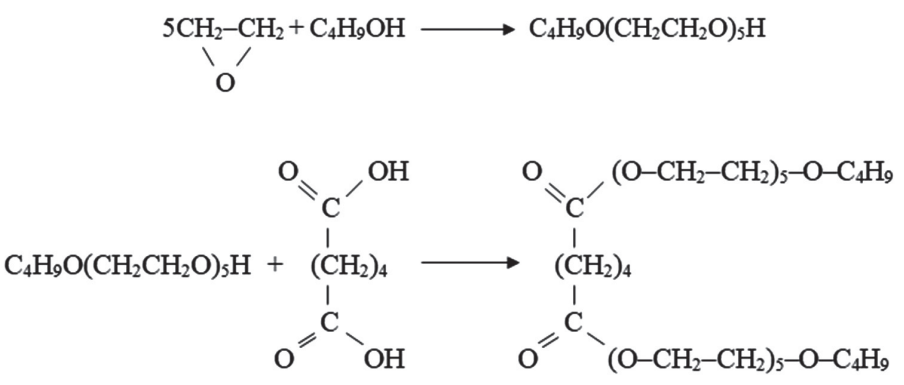
Additional modifying additives are required to produce PVC materials with specific properties. For example, the most effective method of reducing the combustible properties of articles is to introduce small amounts of flame retardants [19...21]. For this purpose, organophosphorus compounds are most commonly used [22...23]. Among them, di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate is a low-toxic compound [24...25].

Therefore, we have developed a formulation of a PVC composition comprising a novel plasticizer and flame retardant di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate.

MAIN PART

We have previously prepared and investigated alkoxylated alcohol adipates as novel plasticizers [26...28]. This paper describes the synthesis method and some physicochemical properties of the novel ester compound, dibutoxyethyl adipate. Test results of PVC composition containing dibutoxyethyl adipate and di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate are given.

The specified ester was prepared in two steps. The general scheme for the production of ethoxylated butanol adipate (degree of ethoxylation – 5) is as follows:



First, ethoxylated alcohol was synthesized. The final product was then esterified with adipic acid.

Methods of ethoxylating of butanol

A four-necked flask equipped with a stirrer, a thermometer, a reflux condenser and an ethylene oxide injection device is charged with a calculated amount of alcohol and a sodium hydroxide catalyst. The reactor was heated and purged with nitrogen to remove air. Ethylene oxide is then introduced gradually, controlling the rate of its supply so that the unreacted oxide is condensed in the reverse cooler and returned to the reactor «without flooding». After the ethylene oxide feed is complete, the reaction mixture is further heated and then cooled to room temperature. Catalyst is neutralized with calculated amount of sulfuric acid. The obtained mass is filtered.

Method of preparing of dibutoxyethyl adipate

Preparation of symmetrical adipate is carried out in presence of catalyst *p*-toluene sulfonic acid in medium of azeotropic water carrier of toluene, at boiling of the latter. Molar ratio of alcohol and adipic acid taken for reaction is 2.2:1. The reaction is controlled by the amount of water released and the acid number of the esterificate. After cooling, the reaction mixture was washed successively from the catalyst with 5% alkali solution and water until neutral reaction. The resulting esters were dried over freshly calcined sodium sulfate and the solvent was distilled off in vacuo. Yield of the target product is 96–98%.

The physical and chemical properties of the synthesized adipic acid ester are shown in Table 1.

The physical and chemical properties of the plasticizer were analyzed according to state standard 8728-88.

Judging by the physical and chemical properties and the study of plasticizing properties, the developed plasticizer is indeed suitable for use in PVC compositions.

A sample with a developed plasticizer was tested in a PVC composition for construction purposes, namely in cable plastics.

DISCUSSION OF THE RESULTS

The obtained sample of cable plastic brand O-40 form. OM-40 (black) was analyzed according to state standard 5960-72 with changes 1-9 «Flexible PVC for insulation and protective jackets of wires and cables». The test results are shown in Table 2.

The data given in Table 2 show that according to the main indicators (melt flow rate, thermal stability, shatter point) the obtained cable plastic complies with state standart 5960-72 with the changes 1-9 (1 class).

Table 1
Physical and chemical properties of dibutoxyethyl adipate (degree of ethoxylation – 5)

Ester	Indicators						
	Degree of ethoxylation	M. w. found	Acid number, mg KOH/g	Ester number, mg KOH/g	d_4^{20}	n_D^{20}	Pour point, °C
Dibutoxyethyl adipate	5	570	0.10	195	1.0380	1.4465	–41

Table 2
Results of testing of plasticizer in the formulation of cable plastic brand O-40

Name indicators	Plasticizer		
	Norm according state standart 5960-72 (1 class)	Control sample	Dibutoxyethyl adipate
Melt flow rate, g/10 min T = 190°C, P = 10 kg/cm²	state standart 11645-73	103.3	100.2
Thermal stability at 180°C, min	state standart 14041-91	2 h 15 min	2 h 16 min
Shatter point, °C	Not above –40	Stand the test	Stand the test

Table 3
Indicators of combustibility of cable plastic samples brand O-40 (sec)

Plasticizer	Di(2-ethylhexyl) phenyl phosphate, % w.			
	0	2	3	4
Dibutoxyethyl adipate (degree of ethoxylation – 5)	28.0	25.1	24.3	24.4

The effect of the amount of di(2-ethylhexyl) phenyl phosphate on the combustible properties of the cable PVC plastic samples was investigated to determine whether the PVC cable plastic composition developed could be used.

The results in Table 3 show that the values of combustible properties of samples of cable plastics obtained with dibutoxyethyl adipate and di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate in an amount of 3% by weight are lower than those of serially produced cable plastics (the norm according state standart 5960-72 with the changes 3-9 for cable plastic brand O-40 is not more than 30 sec). A further increase in the amount of di-(2-ethylhexyl) phenyl phosphate does not improve the combustible properties of plastics.

SUMMARY

Thus, the obtained PVC composition with the developed plasticizer dibutoxyethyl adipate is not inferior to serial samples by basic physical and mechanical parameters. The addition of small amounts of phosphorus-containing flame retardant di(2-ethylhexyl) phenyl phosphate (less than 3%) to the developed cable plastic formulation provides as low a combustion index as possible.

ВВЕДЕНИЕ

Использование пластификаторов для изготовления изделий из пластмасс началось в 1800-х годах. Производители целлулоида применили натуральную камфору и касторовое масло для целей пластификации. Позже, в 1912 году, трифенилфосфат был испытан для замены камфорного масла, что стало началом эры пластификаторов на основе сложных эфиров [1].

Сложные эфиры фталевой кислоты впервые нашли применение в качестве пластификаторов в 1920 году и до сих пор остаются наиболее применяемыми пластификаторами [2...3]. Ди(2-этилгексил) фталат, также известный как диоктилфталат (ДОФ), впервые был использован в 1930 году и является эталонным пластификатором.

Индустрия пластмасс непрерывно растет, спрос на пластификаторы также постоянно увеличивается. Текущий рынок предлагает множество типов пластификаторов, которые можно выбрать для различных приложений в соответствии с требованиями к материалам [4...9]. С 1980-х годов использование фталатов было ограничено по причине их токсического действия на здоровье человека и окружающую среду [10...11] . Этот факт побудил некоторые страны разработать ограничительные нормы, касающиеся использования фталатов в гибких продуктах из ПВХ [12...13]. В настоящее время существует тенденция замены ДОФ на фталаты с более высокой молекулярной массой, которые более устойчивы, имеют более низкую растворимость и меньшую скорость миграции, например, диизононилфталат (ДИНФ) или диизодецилфталат (ДИДФ).

Наиболее перспективным направлением замены фталатов является разработка пластификаторов на основе малотоксичных и нетоксичных соединений, что соответствует требованиям зеленой химии [14...15].

Сложные эфиры адипиновой кислоты согласно ГОСТ 8728-88 являются малотоксичными соединениями, которые придают ПВХ-материалам стабильность при низких температурах, высокую устойчивость к миграции в бензин и масла [16...18].

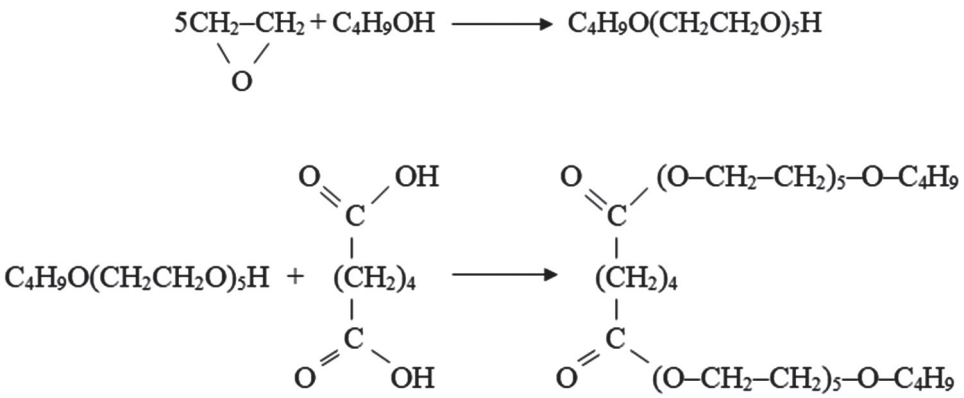
Для получения ПВХ-материалов со специфическими свойствами необходимо внесение дополнительных модифицирующих добавок. Например, наиболее эффективным методом снижения горючести изделий является введение малых количеств антипиренов [19...21]. С этой целью чаще всего используют фосфорорганические соединения [22...23]. Среди них ди(2-этилгексил)-фенилфосфат является малотоксичным соединением [24...25].

Поэтому нами разработана рецептура ПВХ-композиции, содержащей новый пластификатор и антипирен ди(2-этилгексил)фенилфосфат.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Ранее нами были получены и исследованы адипинаты оксиалкилированных спиртов в качестве новых пластификаторов [26...28]. В данной работе описан метод синтеза и некоторые физико-химические свойства нового сложноэфирного соединения – дибутоксиэтиладипината. Приведены результаты испытаний ПВХ-композиции, содержащей дибутоксиэтиладипинат и ди(2-этилгексил)фенилфосфат.

Целевой сложный эфир получали в два этапа. Общая схема получения адипината оксиэтилированного бутанола (степень оксиэтилирования – 5) имеет следующий вид:



В первую очередь синтезировали оксиэтилированный спирт. Затем этерификацией его с адипиновой кислотой получали конечный продукт.

Методика оксиэтилирования бутанола

В четырехгорлую колбу, снабженную мешалкой, термометром, обратным холодильником и устройством для ввода оксида этилена, загружают расчетное количество спирта и катализатора – едкого натра. Реактор нагревают и продувают азотом для удаления воздуха. Затем постепенно вводят оксид этилена, регулируя скорость его подачи таким образом, чтобы не вступивший в реакцию оксид конденсировался в обратном холодильнике и возвращался в реактор «без захлебывания». По окончании подачи оксида этилена реакционную смесь дополнительно нагревают, а затем охлаждают до комнатной температуры. Катализатор нейтрализуют расчетным количеством серной кислоты. Полученную массу фильтруют.

Методика получения дибутоксиэтиладипината

Получение симметричного адипината осуществляют в присутствии катализатора *n*-толуолсульфокислоту в среде азетропного водовыносителя толуола при кипении последнего. Мольное соотношение взятых для реакции спирта и адипиновой кислоты составляет 2.2:1. Протекание реакции контролируют по количеству выделившейся воды и кислотному числу этерификата. После охлаждения реакционную массу промывают последовательно от катализатора 5%-ным раствором щелочи и водой до нейтральной

Таблица 1
Физико-химические свойства дибутоксиэтиладипината (степень оксиэтилирования – 5)

	Показатели						
	Степень оксиэтилирования	**М. м. найдено**	**К.ч., мг КОН/г**	**Э.ч., мг КОН/г**	**d_4^{20}**	**n_D^{20}**	**Температура застывания, °С**
Дибутоксиэтиладипинат	5	570	0.10	195	1,0380	1,4465	–41

Таблица 2
Результаты испытаний пластификатора в рецептуре кабельного пластиката марки О-40

Наименование показателей	Пластификатор		
	Норма по ГОСТ 5960-72 с изм. 1-9 (1 сорт)	Контрольный образец	Дибутоксиэтиладипинат
ПТР, г/10 мин при 190°С, Р = 10 кгс/см^2	ГОСТ 11645-73	103,3	100,2
Термостабильность при 180°С, мин	ГОСТ 14041-91	2 ч 15 мин	2ч 16 мин
Температура хрупкости, оС	не выше –40	выдерж.	выдерж.

Таблица 3
Показатели горючести образцов кабельных пластикатов марки О-40 (с)

Пластификатор	Ди(2-этилгексил)фенилфосфат, % масс.			
	0	2	3	4
Дибутоксиэтиладипинат (степень оксиэтилирования – 5)	28,0	25,1	24,3	24,4

реакции. Полученные сложные эфиры сушат над свежепрокаленным сульфатом натрия и отгоняют растворитель под вакуумом. Выход целевого продукта составляет 96–98%.

Физико-химические свойства синтезированного эфира адипиновой кислоты приведены в табл. 1.

Физико-химические показатели пластификатора анализировали согласно ГОСТ 8728-88.

Судя по физико-химическим свойствам и исследованию пластифицирующих свойств, разработанный пластификатор действительно пригоден для использования в ПВХ-композициях.

Образец с разработанным пластификатором был испытан в ПВХ-композиции строительного назначения, а именно в кабельных пластикатах.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученный образец кабельного пластиката марки О-40 рец. ОМ-40 (черный) анализировали по ГОСТ 5960-72 с изм. 1-9 «Пластикат поливинилхлоридный для изоляции и защитных оболочек проводов и кабелей». Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что по основным показателям (температура хрупкости, термостабильность, ПТР) полученный кабельный пластикат соответствует ГОСТ 5960-72 с изм. 1-9 (1 сорт).

Для определения возможности использования разработанной ПВХ-композиции кабельного пластиката было исследовано влияние количества ди(2-этилгексил)фенилфосфата на показатели горючести образцов кабельных ПВХ-пластикатов.

Приведенные в табл. 3 результаты показывают, что образцы кабельных пластикатов с применением дибутоксиэтиладипината и ди(2-этилгексил)фенилфосфата в количестве 3 % масс. по показателям горючести обеспечивают более низкие значения, чем серийно выпускаемые (норма по ГОСТ 5960-72 с изм. 3-9 для кабельного пластиката марки О-40 составляет не более 30 с). Дальнейшее увеличение количества ди(2-этилгексил)фенилфосфата не приводит к улучшению показателей горючести пластикатов.

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученная ПВХ-композиция с разработанным пластификатором дибутоксиэтиладипинат (степень оксиэтилирования – 5) по основным физико-механическим показателям не уступает серийным образцам. Добавление небольших количеств фосфорсодержащего антипирена ди(2-этилгексил)фенилфосфата (менее 3%) в разработанную рецептуру кабельных пластикатов обеспечивает максимально сниженные значения показателей горючести.

REFERENCES

1. Zefirova O.N. Kratkii kurs istorii i metodologii khimii [Short course on chemistry history and methodology]. Moscow. Anabasis, 2007. 140 p.
2. Rahman M., Brazel C.S. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges. Prog. Polym. Sci. 2004, Vol. 29, no. 12, pp. 1223–1248.
3. Mazitova A.K., Nafikova R.F., Aminova G.K. Plastifikatory polivinilkhlorida [Polyvinylchloride plasticizers]. Nauka i epokha: monografiya; pod obshchei red. prof. O.I. Kirikova. Voronezh. 2011, pp. 277–297.
4. Fedorenko N.P. Universalnyi plastik (Polivinilkhlorid) [Universal plastic (Polyvinylchloride)]. Moscow, Science, 1966. 119 p. (In Russian).
5. Wilkes C.E., Summers J.W., Daniels C.A., Berard M.T. PVC Handbook. Hanser Publications, 2005. 723 p.
6. Maskova A.R., Aminova G.K., Rol'nik L.Z., Faizullina G.F., Mazitova A.K. Ftalaty oksialkilirovannykh spirtov [Oxyalkylated alcohols phthalates]. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 52–71, DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-52-71.
7. Godwin A.D. Plasticizers. Applied Plastics Engineering Handbook Elsevier, 2017. 784 p.
8. Mazitova A.K., Aminova G.K., Maskova A.R., Cabitov I.N., Nedoseko I.V. Novye plastifikatory polivinilkhlorida [New plasticizers of polyvinylchloride]. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2017, Vol. 9, no. 6, pp. 168–180, DOI: 10.15828/20758545-2017-9-6-168-180.
9. Mazitova A.K., Aminova G.K., Maskova A.R., Yagafarova G. G., Mazitov R.M. Novye plastifikatory dlya PVKh-kompozitsii stroitel'nogo naznacheniya [New plasticizers for PVC construction compositions]. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2017, Vol. 9, no. 4, pp. 48–63, DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-4-48-63.
10. Sunny M.C., Ramesh P., George K.E. Use of polymeric plasticizers in polyvinyl chloride to reduce conventional plasticizer migration for critical applications. J. Elastomers Plast. 2004, Vol. 36, no. 1, pp. 19–31.
11. Hakkarainen M. Migration of monomeric and polymeric PVC plasticizers. Adv. Polym. Sci. 2008, Vol. 211, no. 1, pp. 159–185.
12. Pielichowski K.S., wierz-Motysia B. Influence of polyesterurethane plasticizer on the kinetics of poly(vinyl chloride) decomposition process. J. Therm. Anal. Calorim. 2006, Vol. 83, no. 1, pp. 207–212.
13. Fenollar O., Sanchez-Nacher L., Garcia-Sanoguera D., Lopez J., Balart R. The effect of the curing time and temperature on final properties of flexible PVC with an epoxidized fatty acid ester as natural-based plasticizer. J. Mater. Sci. 2009, Vol. 44, no. 14, pp. 3702–3711.
14. Pedersen G.A., Jensen L.K., Fankhauser A., Biedermann S., Petersen J.H., Fabech B. Migration of epoxidized soybean oil (ESBO) and phthalates from twist closures into food and enforcement of the overall migration limit. Food Addit. Contam. 2008, Vol. 25, no. 4, pp. 503–510.
15. Tickner J.A., Schettler T., Guidotti T., McCally M., Rossi M. Health risks posed by use of di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) in PVC medical devices: a critical review. Am. J. Ind. Med. 2001, Vol. 39, no. 1, pp. 100–111.
16. Godwin A.D. Plasticizer selection and phthalate alternatives. Presented at Society of Plastic Engineers Vinyl Division Technical Conference. Vinyltec 2008, Chicago, 2008.
17. Sadieva N.F., Nasibova G.G., Iskenderova S.A., Zeinalov E.B., Asadova Sh.N., Nuriev L.G., Agaev B.K. Effektivnye plastifikatory dlya polivinilkhlorida [Effective plasticizers for polyvinyl chloride]. Plasticheskie massy = Plastics. 2018, no. 3–4, pp. 17–18.
18. Jain K.K., Fatma K., Saroop M. Popular Plast. Packaging, 1998, Vol. 43, no. 11, pp. 75–82.
19. Sapaev Kh.Kh., Musov I.V., Khashirova S.Yu., Bashorov M.T., Shogenov V.N., Kushkhov Kh.B., Mikitaev A.K., Zaikov G.E. Izuchenie vliyaniya razlichnykh plastifikatorov na svoistva polivinilkhloridnogo plastikata [Study of the effect of various plasticizers on the properties of polyvinyl chloride plastic]. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the technological university. 2015, Vol. 18, no. 9, pp. 102–105.
20. Khalturinskii N.A., Berlin A.A., Popova T.V. Gorenie polimerov i mekhanizmy deistviya antipirenov [Polymer burning and flame retardant mechanisms]. Uspekhi khimii = Achievements of chemistry. 1984, Vol. 53, no. 2, 326 p.
21. Mazitova A.K., Maskova A.R., Nafikova R.F., Aminova G.K. Ispol'zovanie dobavok pri poluchenii kabel'nykh plastikatov [Use of additives in the production of cable plastics]. Bashkirskii khimicheskii zhurnal = Bashkir chemical journal. 2017, Vol. 24, no. 3, pp. 50–53.
22. Aseeva R.M., Zaikov G.E. Gorenie polimernykh materialov [Burning of polymeric materials]. Moscow. Science, 1981. 280 p.
23. Plotnikova G.V., Egorov A.N. Dostupnye fosfororganicheskie soedineniya kak zamedliteli goreniya [Available organophosphorus compounds as flame retardants]. Pozharovzryvobezopasnost = Fire and explosion safety. 2003, no. 6, pp. 26–29.
24. Tager A.A. Fizikokhimiya polimerov [Physical chemistry of polymers]. 3-e izd. Moscow. Khimiya, 1978, 544 p.
25. Suvorova A.I. and others. Vysokomolekulyarnye soedineniya [High-molecular compounds]. 1966, Vol. 8, pp. 1692–1697.
26. Vikhareva I.N., Builova E.A., Gatiyatullina D.R., Arslanov V.R., Gilem'yanov D.A., Mazitova A.K. Sintez i svoistva slozhnykh efirov adipinovoi kisloty [Synthesis and properties of adipic acid esters]. Bashkirskii khimicheskii zhurnal = Bashkir chemical journal. 2019, Vol. 26, no. 2, pp. 33–36.
27. Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Builova E.A., Distanov R. Sh. Issledovanie vliyaniya kolichestva dobavok na svoistva efirov adipinovoi kisloty [Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters]. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 437–446.
28. Vikhareva I.N., Il'yasova A.D., Likhacheva O.G., Zapotylok G.Yu., Mazitova A. K. Di-(2-etilgeksiloksi)etiladipinaty [Di-(2-ethylhexyloxy)adipates]. Bashkirskii khimicheskii zhurnal = Bashkir chemical journal. 2019, Vol. 26, no. 2, pp. 90–91.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зефирова О.Н. Краткий курс истории и методологии химии. – М.: Анабасис, 2007. – 140 с.
2. Rahman M., Brazel C.S. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges // Prog. Polym. Sci. – 2004. – Vol. 29. – P. 1223–1248.
3. Мазитова А.К., Нафикова Р.Ф., Аминова Г.К. Пластификаторы поливинилхлорида / Наука и эпоха: монография; под общей ред. проф. О.И. Кирикова. – Воронеж, 2011. – С. 277–297.
4. Федоренко Н.П. Универсальный пластик (Поливинилхлорид). – М.: Наука, 1966. – 119 с.
5. Wilkes C.E., Summers J.W., Daniels C.A., Berard M.T. PVC Handbook / Hanser Publications, 2005. – 723 p.
6. Маскова А.Р., Аминова Г.К., Рольник Л.З., Файзуллина Г.Ф., Мазитова А.К. Фталаты оксиалкилированных спиртов // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 1. – С. 52-71. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-52-71.
7. Godwin A.D. Plasticizers /Applied Plastics Engineering Handbook Elsevier, 2017. – 784 p.
8. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Маскова А.Р., Сабитов И.Н., Недосеко И.В. Новые пластификаторы поливинилхлорида // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – Том 9, № 6. – С. 168–180. – DOI: 10.15828/20758545-2017-9-6-168-180.
9. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Маскова А.Р., Ягафарова Г. Г., Мазитов Р.М. Новые пластификаторы для ПВХ-композиций строительного назначения // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – Том 9, № 4. – С. 48–63. – DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-4-48-63.
10. Sunny M.C., Ramesh P., George K.E. Use of polymeric plasticizers in polyvinyl chloride to reduce conventional plasticizer migration for critical applications // J. Elastomers Plast. 2004. – Vol. 36, № 1. – P. 19–31.
11. Hakkarainen M. Migration of monomeric and polymeric PVC plasticizers // Adv. Polym. Sci. – 2008. – Vol. 211. – P. 159–185.
12. Pielichowski K., S. wierz-Motysia B. Influence of polyesterurethane plasticizer on the kinetics of poly(vinyl chloride) decomposition process // J. Therm. Anal. Calorim. – 2006. – Vol. 83, № 1. – P. 207–212.
13. Fenollar O., Sanchez-Nacher L., Garcia-Sanoguera D., Lopez J., Balart R. The effect of the curing time and temperature on final properties of flexible PVC with an epoxidized fatty acid ester as natural-based plasticizer // J. Mater. Sci. – 2009. – Vol. 44, № 14. – P. 3702–3711.
14. Pedersen G.A., Jensen L.K., Fankhauser A., Biedermann S., Petersen J.H., Fabech B. Migration of epoxidized soybean oil (ESBO) and phthalates from twist closures into food and enforcement of the overall migration limit // Food Addit. Contam. – 2008. – Vol. 25, № 4. – P.503–510.
15. Tickner J.A. , Schettler T., Guidotti T., McCally M., Rossi M. Health risks posed by use of di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) in PVC medical devices: a critical review // Am. J. Ind. Med. – 2001. – Vol. 39. – P. 100–111.
16. Godwin A.D. Plasticizer selection and phthalate alternatives // Presented at Society of Plastic Engineers Vinyl Division Technical Conference. Vinyltec 2008. – Chicago, 2008.
17. Садиева Н.Ф., Насибова Г.Г., Искендерова С.А., Зейналов Э.Б., Асадова Ш.Н., Нуриев Л.Г., Агаев Б.К. Эффективные пластификаторы для поливинилхлорида // Пластические массы. – 2018. – № 3–4. – С. 17–18.
18. Jain K.K., Fatma K., Saroop M. // Popular Plast. Packaging. – 1998. – Vol. 43. – № 11. – P. 75–82.
19. Сапаев Х.Х., Мусов И.В., Хаширова С.Ю., Башоров М.Т., Шогенов В.Н., Кушхов Х.Б., Микитаев А.К., Заиков Г.Е. Изучение влияния различных пластификаторов на свойства поливинилхлоридного пластиката // Вестник технологического университета. – 2015. – Том 18, № 9. – С. 102–105.
20. Халтуринский Н.А., Берлин А.А., Попова Т.В. Горение полимеров и механизмы действия антипиренов // Успехи химии. – 1984. – Т. 53, № 2. – С. 326.
21. Мазитова А.К., Маскова А.Р., Нафикова Р.Ф., Аминова Г.К. Использование добавок при получении кабельных пластикатов // Башкирский химический журнал. – 2017. – Том 24, № 3. – С. 50–53.
22. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
23. Плотникова Г.В., Егоров А.Н. Доступные фосфорорганические соединения как замедлители горения // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. - № 6. – С. 26–29.
24. Тагер А.А. Физикохимия полимеров / 3-е изд. – М.: Химия, 1978. – 544 с.
25. Суворова А.И. и др. Высокомолекулярные соединения. – 1966. – Том 8. – С. 1692–1697.
26. Вихарева И.Н., Буйлова Е.А., Гатиятуллина Д.Р., Арсланов В.Р., Гилемьянов Д.А., Мазитова А.К. Синтез и свойства сложных эфиров адипиновой кислоты. – Башкирский химический журнал. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 33–36.
27. Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Аминова Г.К., Тимофеев А.А., Буйлова Е.А., Дистанов Р. Ш. Исследование влияния количества добавок на свойства эфиров адипиновой кислоты // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 437–446.
28. Вихарева И.Н., Ильясова А.Д., Лихачёва О.Г., Запотылок Г.Ю., Мазитова А.К. Ди-(2-этилгексилокси)этиладипинаты. – Башкирский химический журнал. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 90–91.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aliya K. Mazitova, Doctor of Chemistry, Professor, Head of Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; elenaasf@yandex.ru;

Irina N. Vikhareva, Assistant, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; vikhir@yandex.ru;

Il'naz I. Zaripov, undergraduate, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; ilnaz.zaripov1996@mail.ru;

Ruslan M. Mazitov, PhD in Engineering, Associate Professor of history and cultural studies, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062; mazitovps@mail.ru,

Vladimir I. Kanareikin, PhD in Engineering, Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; kanareikina1948@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мазитова Алия Карамовна, д.х.н., проф., зав. каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; elenaasf@yandex.ru;

Вихарева Ирина Николаевна, ассистент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; vikhir@yandex.ru;

Зарипов Ильназ Ильгизович, магистрант каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; ilnaz.zaripov1996@mail.ru;

Мазитов Руслан Мидхатович, к.т.н., доцент кафедры истории и культурологии, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062; mazitovps@mail.ru;

Канарейкин Владимир Иванович, к.т.н., доцент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; kanareikina1948@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: vikhir@yandex.ru

RESULTS of the Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov for the best research and methodical works in 2019

On the 27th of November 2019 Moscow held the meeting of Presidium of All-Russian public organization «Russian Academy of Engineering» at which the results of Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov for the best research and methodical works (monograph, coursebook, encyclopedia and journal) in 2019 were summarized.

The suggestions of the experts that took part in Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov were reviewed and the winners were chosen.

ИТОГИ КОНКУРСА
им. первопечатника Ивана Федорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской и научно-методической работам по результатам 2019 года

27 ноября 2019 года в Москве состоялось заседание Президиума Общероссийской общественной организации «Российской инженерной академии», на котором подведены итоги Конкурса им. первопечатника Ивана Федорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской и научно-методической работам (монография, энциклопедия, учебник, учебное пособие, научный журнал) по результатам 2019 года.

Рассмотрены предложения экспертов Конкурса им. первопечатника Ивана Федорова и членов Президиума Российской инженерной академии и принято решение:

I. Присвоить звание Лауреат конкурса им. первопечатника Ивана Федорова с награждением медалью (одна за работу):

1.
Сорокину Владимиру Алексеевичу,
Яновскому Леониду Самойловичу,
Ягодникову Дмитрию Алексеевичу,
Францкевичу Владимиру Платоновичу,
Сурикову Евгению Валентиновичу и др.
за учебное пособие «Проектирование и отработка ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе: учебное пособие / В.А. Сорокин и др; под общ. ред. В. А. Сорокина. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 317 с.»

2.
Турутанову Евгению Хрисанфовичу
за учебное пособие «Гравиметрия, гравиразведка и геодезия: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрНИТУ, 2016. – 316 с.».

3.
Казакову Николаю Николаевичу
за учебник «Казаков Н.Н. Технология и организация перевозок на водном транспорте: учеб. / Н. Н. Казаков; М-во образования Республики Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 291 с.».

4.
Федоренко Борису Николаевичу
за учебник «Федоренко Б.Н. Промышленная биоинженерия: инженерное сопровождение биотехнологических производств / Б.Н. Федоренко. – СПб.: ИД «Профессия», 2018. – 518 с.».

5.
Мудрову Александру Григорьевичу,
Султанову Вячеславу Андреевичу
за учебное пособие «Мудров А.Г. Детали машин: Учебно-методическое пособие / А.Г. Мудров, В.А. Султанов; под общ. ред. проф. Н.Ф. Кашапова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. – 220 с.»

6.
Гелашвили Давиду Бежановичу,
Романовой Елене Борисовне,
Макееву Игорю Серафимовичу
за учебное пособие «Гелашвили Д.Б., Романова Е.Б., Макеев И.С. Экология и рациональное природопользование (учебные вопросы, конспекты ответов, оценочные средства): Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2017. – 306 с.»

7.
Филиппову Борису Ивановичу,
Шерстневой Ольге Григорьевне
за учебник «Филиппов Б.И. Информационная безопасность. Основы надежности средств связи: учебник / Б.И. Филиппов, О.Г. Шерстнева. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. – 239 с.»

8.
Колмакову Алексею Георгиевичу,
Кургановой Юлии Анатольевне
за учебное пособие «Колмаков А.Г., Курганова Ю.А. Перспективные конструкционные материалы. Учебное пособие / Колмаков А.Г. Курганова Ю.А. – М.: Интерконтакт Наука, 2018. – 142 с.»

9.
Кравченко Сергею Михайловичу,
Слепченко Владимиру Анатольевичу
за учебное пособие «Кравченко С.М. Эксплуатация и надежность подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: учебное пособие / С.М. Кравченко, В.А. Слепченко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – 292 с.»

10.
Кузьминой Марии Юрьевне,
Кузьмину Михаилу Петровичу
за учебное пособие «Кузьмина М.Ю., Кузьмин М.П. Физико-химические основы литейного производства: учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 176 с.»

11.
Лебедь Андрею Борисовичу,
Мальцеву Геннадию Ивановичу,
Мамяченкову Сергею Владимировичу
за учебное пособие «Лебедь А. Б. Аффинаж золотосеребряных сплавов на ОАО «Уралэлектромедь»: учебное пособие / А.Б. Лебедь, Г.И. Мальцев, С.В. Мамяченков, – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 160 с.»

12.
Дорогочинской Виктории Акивовне,
Данилову Александру Михайловичу,
Тонконогову Борису Петровичу
за учебное пособие «Дорогочинская, В.А., Данилов А.М., Тонконогов Б.П. Присадки к топливам и смазочным материалам. Учебное пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2017 – 374 с.»

13.
Войнову Кириллу Николаевичу,
Войнов К.Н. Предлоги и грамматика (обучение и изучение) / англо-русская версия. –160 с. – Descript, C/Herero 33, Prim era plant, Puerto 4, 28045 Madrid, Spain.

14.
Гинзбургу Александру Витальевичу
за учебное пособие «Системы автоматизации проектирования в строительстве: учебное пособие / А.В. Гинзбург [и др.]: под ред. А.В. Гинзбурга; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. Ун-т Москва: МГСУ, 2014. – 664 с.»

15.
Тамразяну Ашоту Георгиевичу
за учебное пособие «Тамразян А.Г. Железобетонные и каменные конструкции. Специальный курс: учебное пособие / А.Г. Тамразян; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – 2-е изд., с изм. и доп. – Москва: Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2018. – 732 с.»

16.
Фёдорову Василию Васильевичу
за монографию «Фёдоров В.В. Основы эргодинамики и синергетики деформируемых тел / В.В. Федоров; под ред. С.В. Фёдорова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014 – Ч. III. – Основы эргодинамики деформируемых тел. – 224 с.»

17.
Синицыну Антону Александровичу,
Карпову Денису Федоровичу,
Павлову Михаилу Васильевичу
за учебное пособие «Синицын А.А. Основы тепловизионной диагностики теплопотребляющих объектов строительства: учебное пособие. – Изд. 2-е, испр. и доп. / А.А. Синицын, Д.Ф. Карпов, М.В. Павлов. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 160 с.»

18.
Климову Александру Алексеевичу,
Сперанскому Анатолию Алексеевичу
Интеллектуальные цифровые инструменты техногенной экотехнологической безопасности в транспортном и энергетическом машиностроении: Монография / А.А. Сперанский, А.А. Климов. – Москва: издание РИА, 2019. – 150 с.

19.
Угрюмову Михаилу Вениаминовичу
за монографию «Нейродегенеративные заболевания: от генома до целостного организма. – В 2-х томах. – Том 2 / Под ред. М.В. Угрюмова. – М.: Научный мир, 2014. – 848 с.»

20.
Линнику Александру Ивановичу
за монографию «Линник А. И. Российские модели инновационного успеха. – М.: «Интернейшнл Бизнес Гайд», 2018. – Том I. – 384 с.»

21.
Щукину Евгению Дмитриевичу,
Савенко Владиславу Ильичу,
Малкину Александру Игоревичу
за курс лекций Щукин Е.Д., Савенко В.И., Малкин А.И. Лекции по физико-химической механике. М.: NOBEL PRESS, 2015. – 679 с.

22.
Гришиной Анне Николаевне,
Королеву Евгению Валерьевичу
за монографию «Гришина А.Н. Жидкостекольные строительные материалы специального назначения: монография / А.Н. Гришина, Е.В. Королев. – М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2015. – 224 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ)»

23.
Безруких Павлу Павловичу,
Безруких Павлу Павловичу (мл.),
Грибкову Сергею Владимировичу
за справочное пособие «Безруких П.П., Безруких П.П. (мл.), Грибков С.В. Ветроэнергетика. (Справочное и методическое пособие). – Издание второе дополненное и переработанное. – Москва. – 2014. – 313 с.»

24.
Зайдесу Семену Азиковичу,
Бабичеву Анатолию Петровичу,
Безъязычному Вячеславу Феоктистовичу,
Блюменштейну Валерию Юрьевичу,
Горленко Олегу Александровичу и др.
за энциклопедию «Энциклопедия поверхностного пластического деформирования /под ред. С.А. Зайдеса. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 393 с.»

25.
Бакшееву Дмитрию Семеновичу,
Звездову Андрею Ивановичу,
Иванову Леониду Алексеевичу,
Климовой Юлии Александровне,
Никулину Валерию Александровичу
за энциклопедию «Российская инженерная академия / Д.С. Бакшеев, А.И. Звездов, Л.А. Иванов, Ю.А. Климова, В.А. Никулин // Энциклопедия. Ижевск. Издательский дом «КИТ», 2015. – 539 с.»

26.
Журналу «Строительная механика и расчет сооружений».

27.
Журналу «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений».

28.
Журналу «Промышленное и гражданское строительство».

29.
Интернет-журналу «Нанотехнологии в строительстве».

30.
Журналу «Инженерный вестник Дона».

II. Присвоить звание Лауреат конкурса им. первопечатника Ивана Федорова с награждением дипломом (один за работу):

31.
Наумову Владимиру Аркадьевичу,
Ахмедовой Наталье Равиловне
за монографию «Наумов В.А., Ахмедова Н.Р. Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи: монография / В.А. Наумов, Н.Р. Ахмедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 183 с.»

32.
Васильеву Виктору Михайловичу,
Федорову Святославу Викторовичу,
Кудрявцеву Анатолию Валентиновичу
за учебное пособие «Васильев В.М. Насосы и насосные станции. Учебное пособие / В.М. Васильев, С.В. Федоров, А.В. Кудрявцев. – СПб, 2017. – Ч. 1. – 131 с.»

33.
Невзоровой Алле Брониславовне,
Новиковой Ольге Константиновне,
Белоусовой Галине Николаевне
за монографию «Невзорова А. Б. Водоснабжение и водоотведение селитебных территорий: [монография] / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова; М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 263 с.»

34.
Павлову Юрию Александровичу
за монографию «Павлов Ю.А. Научные основы инновационно-технологического развития камнеобрабатывающих производств: монография / Ю.А. Павлов. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. – 620 с.»

35.
Зедгенизову Антону Викторовичу
за монографию «Зедгенизов А.В. Оценка качества организации дорожного движения на основе транспортного спроса: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. – 194 с.»

36.
Кулагиной Татьяне Анатольевне,
Кулагиной Людмиле Владимировне
за учебное пособие «Кулагина, Т.А. Теоретические основы защиты окружающей среды: учеб. пособие / Т.А. Кулагина, Л.В. Кулагина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 364 с.»

37.
Самылину Валентину Григорьевну
за монографию «Самылина В.Г. Природопользование на Европейском Севере России: монография/ В.Г. Самылина; М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т.- Вологда: ВоГУ, 2016. – 213 с.»

38.
Ширнину Юрию Александровичу
Цареву Евгению Михайловичу,
Анисимову Сергею Евгеньевичу,
Ширнину Александру Юрьевичу
за учебное пособие «Системы машин и условия их эффективного применения: учебное пособие / Ю. А. Ширнин [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – 268 с.»

39.
Гузик Вячеславу Фиилипповичу,
Ляпунцовой Елене Вячеславовне,
Беспалову Дмитрию Анатольевичу,
Поленову Максиму Юрьевичу
за монографию «Гузик В.Ф., Проектирование высокопроизводительных проблемно-ориентированных вычислительных систем: монография / В.Ф. Гузик, Е.В. Ляпунцова, Д.А. Беспалов, М.Ю. Поленов. – 2-е изд., испр. и доп.; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 517 с.»

40.
Горбачеву Константину Борисовичу,
Ерганжиеву Николаю Аркадьевичу
за методическое пособие «Горбачев К.Б., Ерганжиев Н.А. Методическое пособие по разработке проектов и составлению документов на различных этапах проведения НИОКР. – АО ОКТБ «Омега» – Великий Новгород – 2019. – 98 с. »

41.
Марковскому Александру Владимировичу,
Родионову Андрею Викторовичу
за руководство «Марковский А.В. Рубки ухода в молодняках: как построить лесохозяйственное предприятие. Практическое руководство / А.В. Марковский, А.В. Родионов; ООО «Лесная территория». – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF России), 2018. – 51 с.: ил.»

42.
Морозову Андрею Евгеньевичу,
Стародубцевой Наталье Ивановне
за учебный практикум «Морозов А.Е. Метеорология и климатология: практикум / А.Е. Морозов, Н.И. Стародубцева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. – 250 с.»

43.
Люкшину Борису Александровичу,
Шилько Сергею Викторовичу,
Панину Сергею Викторовичу,
Машкову Юрию Константиновичу,
Корниенко Людмиле Александровне и др.
за монографию «Дисперсно-наполненные полимерные композиты технического и медицинского назначения / Б.А. Люкшин [и др.]; отв. ред. А.В. Герасимов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики прочности и материаловедения; М-во образования и науки РФ, Нац. исслед. Том. политехн. ун-т, Том. гос. ун-т сист. упр. и радиоэлектр. [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. – 311 с.»

44.
Левченко Эдуарду Петровичу
Левченко Оксане Александровне,
Зинченко Андрею Михайловичу
за монографию «Левченко Э.П. Диспергирование материалов в разгонно-ударных дробильно-измельчительных машинах: монография / Э.П. Левченко, О.А. Левченко, А.М. Зинченко, В.В. Мороз, О.И. Павлиненко, Д.А. Власенко. Крепежные изделия для современного машиностроения. – Нижний Новгород: издательство «МПК-сервис», 2016. – 520 с.»

45.
Галиахметову Тимуру Шамильевичу,
Воробьеву Игорю Андреевичу,
Воробьеву Алексею Игоревичу,
Благину Евгению Геннадьевичу,
Кантинову Евгению Феликсовичу и др.
за монографию «Крепежные изделия для современного машиностроения. – Нижний Новгород: издательство «МПК-сервис», 2016. – 520 с.»

46.
Ильющенко Александру Федоровичу,
Кусину Руслану Анатольевичу,
Закревскому Игорю Владимировичу,
Якимовичу Николаю Николаевичу,
Черняк Ирине Николаевне и др.
за монографию «Ильющенко А.Ф. Порошковые фильтрующие материалы: управление структурой и свойствами и применение в сельском хозяйстве / А.Ф. Ильющенко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2018. – 188 с.»

47.
Тимофееву Константину Леонидовичу,
Лебедь Андрею Борисовичу,
Мальцеву Геннадию Ивановичу
за учебное пособие «Тимофеев К.Л. Очистка промышленных стоков и загрязненных вод горно-металлургических предприятий. Опыт ООО «УГМК-Холдинг»: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 22.03.02 и 22.04.02 «Металлургия» / К.Л. Тимофеев, А.Б. Лебедь, Г.И. Мальцев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2019. – 224 с.»

48.
Шепелевичу Василию Григорьевичу.
за монографию «Шепелевич В.Г. Высокоскоростное затвердевание двойных эвтектик висмута, олова и индия [Электронный ресурс] / В.Г. Шепелевич. – Минск: БГУ, 2018.»

49.
Севостьянову Михаилу Анатольевичу,
Насакиной Елене Олеговне,
Колмакову Алексею Георгиевичу
за монографию «Севостьянов М.А., Насакина Е.О., Колмаков А.Г. Способы улучшения эксплуатационных характеристик сплава TiNi медицинского назначения. М.: Интерконтакт Наука, 2018. – 198 с.»

50.
Плотникову Анатолию Михайловичу
за монографию «Плотников А.М. Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках. Теория и практика : монография / А.М. Плотников – СПб.: «Экспертные решения», 2014. – 404 с.»

51.
Семенову Алексею Олеговичу,
Баканову Максиму Олеговичу,
Тараканову Денису Вячеславовичу
за монографию «Семенов А.О., Баканов М.О., Тараканов Д.В. Модели мониторинга и управления при ликвидации крупных пожаров: монография. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2018. – 128 с.»

52.
Наумову Андрею Валерьевичу
Семенову Алексею Олеговичу,
Тараканову Денису Вячеславовичу,
Самохвалову Юрию Петровичу
за задачник «Задачник по пожарной тактике: учебное пособие / А.В. Наумов, А.О. Семенов, Д.В. Тараканов, Ю.П. Самохвалов. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарноспасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – 190 с.»

53.
Леденеву Виктору Васильевичу
за монографию «Леденёв В.В. Основания и фундаменты при сложных силовых воздействиях (опыты): монография для научных работников, аспирантов и магистрантов строительного профиля: в 2 т. / В.В. Леденёв. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015–2017.»

54.
Барановскому Алексею Анатольевичу
за курс лекций «Барановский А.А. Стальные мосты. Курс лекций. – 2017 г. – 366 с.»

55.
Подольскому Владиславу Петровичу
Колодяжному Сергею Александровичу,
Аль Аддесс М.Х.,
Мордовцевой Татьяне Викторовне
за словарь «Русско-англо-арабский толковый словарь инженера-дорожника / под ред. Вл.П. Подольского, С.А. Колодяжного; сост.: Вл.П. Подольский, С.А. Колодяжный, М.Х. Аль Аддесс, Т.В. Мордовцева. – Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2016. – 479 с.»

56.
Варламову Андрею Аркадьевичу,
Римшину Владимиру Ивановичу
за монографию «Варламов А.А., Римшин В.И. Модели поведения бетона. Общая теория деградации. Монография. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 465 с.»

57.
Галяутдинову Зауру Рашидовичу,
Кумпяк Олегу Григорьевичу,
Пахмурину Олегу Равильевичу,
Самсонову Валерию Сергеевичу
за учебник «Кумпяк О.Г., Галяутдинов З.Р., Пахмурин О.Р., Самсонов В.С. Железобетонные и каменные конструкции. Учебник / Под. Ред. О.Г. Кумпяка. – М.: Издательство АСВ. – 2016.»

58.
Васильеву Владиславу Юрьевичу
за учебное пособие «Васильев В.Ю. Технология тонких пленок для микро- и наноэлектроники: учебное пособие / В.Ю. Васильев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 107 с.»

59.
Гусеву Борису Владимировичу
за монографию «Гусев Б.В. Перспективные технологии при производстве сборного железобетона: Монография. – Издание 2-е дополненное. – Ижевск: Издательский дом «КИТ», 2015. – 206 с.»

60.
Ложкину Виталию Петровичу
за энциклопедию «Энциклопедия терминов, определений и пояснений строительных материалов. Энциклопедия под редакцией Ложкина В.П. ISSN: 2587-9413.»

61.
Галиахметову Раилю Ахсановичу,
Одегову Юрию Геннадьевичу,
Полищук Елене Алексеевне и др.,
Пантелеевой Елене Александровне,
Пушиной Наталье Николаевне и др.
за учебное пособие «Экономика: учеб. пособие / под общ. ред. Р.А. Галиахметова, Ю.Г. Одегова. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2017. – 408 с.»

62.
Галицкову Станиславу Яковлевичу,
Дуданову Ивану Владимировичу
за монографию «Галицков С.Я., Дуданов И.В. Системы управления и компьютерное моделирование гидропривода экскаватора: монография [электронный ресурс] / С.Я. Галицков И.В. Дуданов. – Самара, 2014.»

63.
Сутырину Валерию Игоревичу
за монографию «Сутырин В.И. Системотехнический подход к автоматизированному инженерному анализу судовых конструкций: монография / В.И. Сутырин. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2019. – 377 с.»

64.
Конаревой Юлии Сергеевне,
Костылевой Валентине Владимировне
Максимовой Ирине Анатольевне
за монографию «Конарева Ю.С., Костылева В.В., Максимова И.А. Научно-теоретические основы автоматизированного проектирования профилактических приспособлений обуви: монография. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2018. – 161 с.»

65.
Агееву Олегу Вячеславовичу,
Фатыхову Юрию Адгамовичу
за учебное пособие «Агеев О.В. Технологическое оборудование рыбоперерабатывающих производств: в 2 ч.: учеб. пособие / О.В. Агеев [и др.]. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017.»

66.
Свентской Наталье Валерьевне,
Потаповой Екатерине Николаевне
за учебное пособие «Свентская Н.В. Специальные технологии производства вяжущих материалов. Лабораторный практикум: учеб. пособие / Н.В. Свентская, Е.Н. Потапова. – М: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2019. – 100 с.»

67.
Костиковой Анастасии Владимировне,
Терелянскому Павлу Васильевичу
за монографию «Костикова А.В. Динамическое нечеткое моделирование социально-экономических процессов общественной жизни: на примере качества жизни населения: монография / А.В. Костикова, П.В. Терелянский; ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – 132 с.»

68
Винтизенко Игорю Игоревичу
за монографию «Винтизенко И.И. Линейные индукционные ускорители. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 304 с.»

69.
Ивасышину Генриху Степановичу
за монографию «Ивасышин Г.С. Физико-механические свойства наноматериалов и приложения квантовой механики: монография. – Псков: Псковский государственный университет. – 2013. – 108 с.»

Редакционный совет, редакционная коллегия и редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» поздравляют лауреатов конкурса имени первопечатника Ивана Фёдорова с победой и желают всем здоровья, удачи и новых свершений!

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729
UDC 608; 69.001.5

The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V

Authors:

Leonid A. Ivanov,
Vice President, the International Academy of Engineering, Moscow, Russian Federation,
L.a.ivanov@mail.ru;

Konstantin E. Razumeev,
Doctor of Engineering, Professor, Dean of Textile Institute, A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russian Federation, ker2210@yandex.ru

Elena S. Bokova,
Doctor of Engineering, Professor, Department of Chemistry and Technology of Polymers and Nanocomposites, A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russian Federation, esbokova@ya.ru

Svetlana R. Muminova,
Ph.D. in Engineering, Assistant Professor, Russian State University of Tourism and Service;
Cherkizovo, Moscow region, Russian Federation, it.rguts@mail.ru

Abstract: A brief review of patents is given. The research performed by scientists, engineers and specialists in the area of nanotechnologies and nanomaterials resulted in increased efficiency of construction, housing sector and adjacent fields of economy. For example, the invention «A method to produce fireproof wood-polymer composites on the basis of secondary polyolefine» can be used in construction, car industry, shipbuilding, machine manufacturing, furniture trade and other industries. The method includes following stages: drying of composite components, mixing and heat forming of them by means of extrusion in extrusion Co-Kneader plant under treatment temperature120°C–150°C and conveyor screw rotation speed 350–450 RPM with further granulation. The obtained fire-resistant wood-polymer composite possesses high performance characteristics.

The specialists can also be interested in the following inventions in the area of nanotechnologies: a method to produce strengthened nanocomposite with additional properties, anodic material for lithium-ion battery and a method to produce it, a method to rise breaking strength of composite material by preliminary impregnation of carbon fibers with carbon nanotubes, a method to produce carbon metal-containing nanostructures, a method to produce volume microscale structures from nanoparticles and a device to perform it, antistatic floor coating with carbon nanotubes and other.

Keywords: nanotechnologies in construction, nanoscale additive, nanocomposite, carbon nanotubes, nanostructure.

For citation: Ivanov LA., Razumeev K.E., Bokova E.S., Muminova S.R. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 719–729. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 719–729. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Ivanov LA., Razumeev K.E., Bokova E.S., Muminova S.R. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="L.a.ivanov@mail.ru" rel="cc:morePermissions">L.a.ivanov@mail.ru.

The paper has been received by editors: 11.11.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 20.12.2019.
The paper has been accepted for publication: 21.12.2019.

Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть V

Авторы:

Иванов Леонид Алексеевич,
вице-президент, Международная инженерная академия,
г. Москва, Россия, L.a.ivanov@mail.ru

Разумеев Константин Эдуардович,
д.т.н., профессор, директор текстильного института, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Россия, ker2210@yandex.ru;

Бокова Елена Сергеевна,
д.т.н., профессор кафедры химии и технологии полимерных материалов и нанокомпозитов, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Россия, esbokova@ya.ru;

Муминова Светлана Рашидовна,
доцент, Российский государственный университет туризма и сервиса,
пос. Черкизово, Московская область, Россия, it.rguts@mail.ru

Резюме: В реферативной форме проводится обзор изобретений, результаты творческой деятельности ученых, инженеров и специалистов, в т.ч. и изобретения, которые в области нанотехнологий и наноматериалов позволяют в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, смежных отраслях экономики добиться значительного эффекта. Например, изобретение «Способ получения огнестойких древесно-полимерных композитов на основе вторичных полиолефинов» может быть использовано в строительстве, автомобилестроении, судостроении, машиностроении, мебельной и других отраслях промышленности. Способ включает сушку компонентов композита, их смешение и термоформование путем экструзии в экструзионной установке типа Co-Kneader при температуре переработки от 120°С до 150°С со скоростью вращения шнека от 350 до 450 об/мин и последующей грануляции. Полученный огнестойкий древесно-полимерный композит обладает высокими эксплуатационными характеристиками.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий: способ получения упрочненного нанокомпозита с дополнительными свойствами, анодный материал для литий-ионного аккумулятора и способ его получения, способ повышения прочности на разрыв композитного материала с помощью предварительной пропитки углеволокон углеродными нанотрубками, способ получения углеродных металлсодержащих наноструктур, способ изготовления объемных микроразмерных структур из наночастиц и устройство для его осуществления, антистатическое напольное покрытие с углеродными нанотрубками и др.

Ключевые слова: нанотехнологии в строительстве, наноразмерная добавка, нанокомпозит, углеродные нанотрубки, наноструктура.

Для цитирования: Иванов Л.А., Разумеев К.Э., Бокова Е.С., Муминова С.Р. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть V // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 719–729. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 719–729. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Ivanov LA., Razumeev K.E., Bokova E.S., Muminova S.R. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="L.a.ivanov@mail.ru" rel="cc:morePermissions">L.a.ivanov@mail.ru.

Статья поступила в редакцию: 11.11.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 20.12.2019.
Статья принята к публикации: 21.12.2019.

INTRODUCTION

The practical application of the results achieved by scientists, engineers and specialists can become efficient tool to increase number of import-substituting goods and to rise labor productivity. An invention is known to be a new, with distinctive characteristics technical solution with proved efficiency (new technologies, structures or new substances). The paper reviews the essence, technical result and practical value of some inventions concerning nanotechnologies.

MAIN PART

A method to produce fireproof wood-polymer composites on the basis of secondary polyolefine (RU 2703539 C2)

The invention refers to production of fireproof wood-polymer composites (WPC) on the basis of secondary polyolefine and can be used in construction, car industry, shipbuilding, machine manufacturing, furniture trade and other industries [1]. The method includes following stages: drying of composite components, mixing and heat forming of them by means of extrusion in extrusion Co-Kneader plant under treatment temperature 120°C–150°C and conveyor screw rotation speed 350–450 RPM with further granulation. The composite contains from 5,0 to 10,0 pts.wt. of secondary polyolefine, from 29,5 to 38,5 pts.wt. of wood filler, from 5,0 to 10,0 pts.wt. of synergetic nanoscale additive and from 5,0 to 10,0 pts.wt. of technological additive. The synergetic nanoscale additive contains phosphorus antipyrene, organically modified synthetic clay on the basis of Mg–Al layered doubled hydroxides and nanoscale zinc borate. The obtained fire-resistant wood-polymer composite possesses high performance characteristics.

A method to produce strengthened nanocomposite with additional properties (RU 2707344 C2)

The invention refers to manufacture of new materials and can be applied in production of composite materials that are characterized by a set of strength properties [2]. The technical solution is boosted range of high-strength polymers with additional useful properties, improved process technology and production efficiency. The new technical result is achieved due to elimination of the main drawback of the existed methods: the effect of fragile destruction under uniaxial tension, and thus, strength properties of composite were kept or increased. All that was possible due to even shift of material under simultaneous application of outer compression pressure. The technical result is a method to produce composite with amorphocrystalline polymer and nanoscale additive. These are stages of the method: at first amorphocrystalline polymer and nanoscale additive in the form of powder are mixed and then the mixture is deformed that caused uniaxial orientation of polymer molecules under the condition of even shift when outer compression pressure is applied between demolitions and plate, long ribbon or film line.

A method to produce metal composite material with disperse phase based on carbide (RU 2707055 C1)

The invention refers to nanotechnology and powder metallurgy, particularly to composite materials with metal matrix and nanoscale strengthening carbide particles [3]. The technical result is improved strength properties and heat resistance of composite material based on ferrum that contains titanium carbide and silica carbide as disperse phase. These are the stages of the method: preparation of powder mixture from matrix metal with ceramic nanoscale particles, compression moulding and pressure sintering. Titanium carbide or silica carbide which size is 5–50 nm are used as nanoscale particles. Prior to mixture preparation the surface of ceramic nanoscale particles is processed with vapours of ferric chloride $FeCl_3$, after that it is exposed to water vapour treatment in the flow of dry rare gas. Then simultaneous treatment by ferric chloride $FeCl_3$ vapours and water vapours in in the flow of dry rare gas is performed. Further the surface of ceramic nanoscale particles is processed in reducing environment H_2 and later under room temperature for 30 minutes. The obtained ceramic nanoscale particles with metal coating are mixed with powder of pure ferrum α-Fe which size is 60–80 nm and are compressed, then they are heated in mould to 480°C with further final hot compression. All that provide increased strength and thermal resistance of the material that can be used in production of gas-turbine power unit and cutting tools.

A method to produce composite nanostructures powders based on graphene and oxide Al, Ce and Zr (RU 2706652 C1)

The invention refers to nanotechnology and can be used in production of supercapacitor, fuel cells, electrodes of lithium-ion batteries, biofuel cells, light-emitting diodes, electro- and photochrome devices, photocatalysts and hydrogen storage devices [4]. Technical result is achieved due to the fact that a method to produce composite nanostructures powders based on graphene and oxide Al, Ce and Zr employs combination of sol-gel synthesis and sonochemical method of obtaining oxygen-free graphene in emulsion N,N-dimethyloctylamine-water from synthetic graphite in acidulous media. In this case sources of metals are 0,05M nitrate solutions that are transformed into sols by acetylacetone and N,N-dimethyloctylamine. When

freshly-prepared metal-containing sol stabilized by N,N-dimethyloctylamine links together oxygen-free graphene suspension also stabilized by emulsion containing N,N-dimethyloctylamine (Pickering emulsion) graphene sheets fixed on oil-water interface area and particles of metal-containing sol. As a result, during the process of gelling action and thermal treatment in the air formation of nanostructured composite particles relating to Van der Waals systems takes.

Coaxial regular nano-mesostructures, a method to produce them and a method to produce microcapsules from these structures (RU 2703624 C2)

The invention refers to chemical material science and can be used in production of detectors of chemical formula, electrochemical current sources, catalyst carriers, chemical reagents, marks, chromatographic phase or medication in microcapsules [5]. Sets of carbon vertically-oriented nanotubes from carbon hydrate with ferrocene on the highly defect silica surface are synthesized under the temperature from 600–1000°C. To form highly defect surface monocrystalline silica is processed with abrasive paste and later is pickled by fluohydric acid. That resulted in coaxial regular carbon nano-mesostructures formed from chaotically bound carbon nanotubes that are stable three-dimensional configuration the basis of which is the topology of hollow round cylinder with outer diameter 1–60 μm and ratio of the length to outer diameter is from 10 to 10^4. The obtained carbon nano-mesostructures are milled, screened and classified by size. The flanks of obtained microcapsules are opened exposing them to oxidation by thermochemical or electrochemical treatment. For thermochemical treatment atomic or molecular oxygen or ozone are used. For electrochemical treatment electrolysis is performed in alkali, acid or ammonium chloride solution. The inventions allow manufacturing carbon nano-mesostructures of stable sizes and forms reproduced in synthesis as well as extending application area due to filling hollows of microcapsules with different substances and fillers.

Anodic material for lithium-ion battery and a method to produce it (RU 2703629 C1)

The invention refers to lithium electromechanical energy, in particularly to anodic materials of lithium-ion batteries (LIB) used in energy supply for large-scale energy plants of hybrid and electric vehicles, uninterruptible power supply, robotics device, autonomous instruments and others [6]. This type of material is presented by nanostructured titanium dioxide doped by zirconium in crystalline modification of bronze, relating to solid solutions with formula $Ti_{1-x}Z_{rx}O_2$(B), in which x = 0,03–0,06. To obtain it, hydrothermal treatment of anatase titanium dioxide nanoparticles in alkaline medium is carried out in presence of zirconium oxychloride $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ for 48–96 hours under the temperature no less than 150°C and no more than 170°C. Then ion exchange is performed for 72 hours in 0,05 M hydrochloric acid solution and change it every 24 hours. Precipitation is separated in centrifuge, is flushed out in distilled water to pH7, is dried in the air for 12 hours under the temperature 90°C and is tempered. This invention increases stability of anodic material structure in cycling process at least up to 90 cycles of charge/discharge.

A method to rise breaking strength of composite material by preliminary impregnation of carbon fibers with carbon nanotubes (RU 2703635 C1)

The invention refers to the methods used to increased strength characteristics of formed composite structure due to improved interaction between carbon fiber and epoxy matrix [7]. To rise breaking strength of composite a surface of carbon fibers is modified by carbon nanotubes (CNT). CNT is applied on the surface of carbon fibers by means of impregnation of carbon fibers with solution of CNT in 2-propanol with CNT concentration 200–500 μg/ml. Solidifier is added into solution: aminoethylpiperazine or pentaethylenehexamine, with concentration 150–250 μg/ml. The impregnation of carbon fibers with the solution is performed by total sinking modified carbon fibers in the solution that is additionally heated up to 80–85°C. That provides rise of composite strength due to formation of the CNT web connected with carbon fibers.

A method to produce volume microscale structures from nanoparticles and a device to perform it (RU 2704358 C1)

Group of inventions refers to additive production of volume microscale structures from nanoparticles by agglomerating nanoparticles on the platform [8]. At first, a flow of aerosol with nanoparticles in impulse-periodic gas discharge is obtained in transport gas flow. Then aerosol with nanoparticles is heated in transport gas flow providing obtaining spherical nanoparticles of specified size. After that aerosol flow with nanoparticles is transported to the head with nozzle to focus it on the platform. This aerosol flow with nanoparticles is supplied into the nozzle simultaneously with protective gas to provide focus of the aerosol flow with nanoparticles on the platform and the nanoparticles from the focused aerosol flow are precipitated on the platform. Precipitation and agglomerating of nanoparticles on the platform is carried out in the protective gas, created under the nozzle. A device to perform the given method has

been designed. This device provides manufacturing volume microscale structures of high quality and improves sanitary conditions of production.

A method to produce carbon metal-containing nanostructures (RU 2704433 C2)

The invention refers to chemical industry and material science and can be used in manufacture of additives that improve quality of materials [9]. The mixture of organic and metal-containing substances is grinded. Organic substances of cyclic or acycle structure with side functional groups, for example, polyethylenepolyamine or isomethyltetrahydrophthalic anhydride, or diglycidyl ether of ethylene glycol are used. Oxides of such 3d-metals as copper, iron or nickel are used as metal-containing substance. Then processed mixture is exposed to stage heating without air under the temperature 100–400°C. After that the mixture is mechanically grinded to particle size 10–500 nm. Carbon metal-containing nanostructures in the form of nanospheres are obtained. The technical result – increased quality of characteristics of materials modified with carbon metal-containing nanostructures.

Antistatic floor coating with carbon nanotubes (RU 2705066 C2)

An electro-static discharge is a serious danger in industry as it can cause inflammation, explosion or disrupt electric equipment. Antistatic floor coating is designed to decrease the risk of such accidents. Concrete or cement floor coatings possess natural antistatic properties but due to lack of aesthetic attractiveness, easy cleaning and sterilization, resistance to thermal, mechanical and chemical impacts are often improper choice. Contrarily, polymer coatings possess all these properties and due to them they are widely applied in industrial objects, production, storage and residential buildings.

The invention refers to antistatic floor coatings and can be used in manufacture of coatings of such types [10]. Antistatic floor coatings contains hardenable polyurethane resin and filler in the form of single-wall carbon nanotubes in quantity 0,001–0,1 mass.%. Floor coating with antistatic properties possess good uniformity and can be painted in many colors without loss of antistatic coating properties – color grade is at least 200 indices according to RAL scale. Resistance of floor coating is less $10^9\Omega$, measured according to the standard ASTM F 150-06(2013).

These are inventions in nanotechnological area that can be interesting for specialists:

- A method of introduction of single-shell and/or doubleshell and/or multi-shell carbon nanotubes in adhesive additive composition for asphalt coating and application of single-shell and/or double-shell and/or multi-shell carbon nanotubes as a part of adhesive additive composition [11].
- Hydrocatalytic processes of heavy oil fraction cycling with perspective nanoscale catalysts [12].
- Wastewater treatment system based on nanomodified natural sorbents [13].
- A method of electroimpulse application of hardening powder coating on steel part surface and a device to perform it [14].
- Strengthening of Aluminum Wires Treated with A206 [15].
- Construction structural element [16].
- Mechanical and microstructural properties of cement pastes containing carbon nanotubes and carbon nanotube-silica core-shell structures, exposed to elevated temperature [17].
- Smart, mobile and autonomous station for collection and accumulation of solar and electric energy [18].
- A new composite material, containing ferrum and graphene oxide compound [19].
- A method to produce nanoporous polymers [20].
- Strength and durability of cement mortars containing nanosilica and waste glass fine aggregate [21].
- A method of nonchemical treatment of quarry and residual water [22].

CONCLUSION

It is known that it is precisely the popularization and introduction of inventions that is an important factor for the success of many successful companies. For example, General Electric, which entered world history as one of the most innovative companies of the 20th century, is a company that was originally listed in the Dow Jones index in 1896 and is still there. Therefore, we hope that the information published in this section will be in demand and useful for specialists. Confirmation that articles from the «Invention Review» column are particularly popular is information on the number of views of materials, for example, in the full-text database of open access scientific journals Open Academic Journals Index OAJI (USA), link – http://oaji.net/ journal-detail.html?number = 6931.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Способ получения огнестойких древесно-полимерных композитов на основе вторичных полиолефинов (RU 2703539 C2)

Изобретение относится к технологии получения огнестойких древесно-полимерных композиционных материалов (ДПК) и может быть использовано в строительстве, автомобилестроении, судостроении, машиностроении, мебельной и других отраслях промышленности [1]. Способ включает сушку компонентов композита, их смешение и термоформование путем экструзии в экструзионной установке типа Co-Kneader при температуре переработки от 120°C до 150°C со скоростью вращения шнека от 350 до 450 об/мин и последующей грануляции. При этом композит содержит от 5,0 до 10,0 мас.ч. вторичного полиолефина, от 29,5 до 38,5 мас.ч. древесного наполнителя, от 5,0 до 10,0 мас.ч. антипирирующей и синергетической наноразмерной добавки и от 0,5 до 1,5 мас.ч. технологической добавки. В состав антипирирующей и синергетической наноразмерной добавки входит фосфорсодержащий антипирен, органически модифицированная синтетическая глина на основе Mg-Al слоистых двойных гидроксидов и наноразмерный борат цинка. Полученный огнестойкий ДПК на основе вторичных полиолефинов обладает высокими эксплуатационными характеристиками.

Способ получения упрочненного нанокомпозита с дополнительными свойствами (RU 2707344 C2)

Изобретение относится к области получения новых материалов и может найти применение при создании композитных материалов, характеризующихся высоким комплексом прочностных показателей [2]. Техническим результатом является расширение ассортимента высокопрочных полимерных материалов с дополнительными полезными свойствами, повышение технологичности процесса и повышение эффективности процесса производства. Новый технический результат достигнут вследствие того, что удалось преодолеть главный недостаток известных способов – эффект хрупкого разрушения при одноосном растяжении, и тем самым сохранить или повысить прочностные свойства композитного материала. Этого удалось достичь за счет реализации однородного сдвига материала в условиях одновременного наложения внешнего сжимающего давления. Технический результат достигается способом получения композиционного материала, содержащего аморфно-кристаллический полимер и наноразмерный наполнитель. При этом способ заключается в том, что сначала смешивают аморфно-кристаллический полимер и наноразмерный наполнитель в форме порошков, затем смесь подвергают деформации, которая приводит к одноосной ориентации молекул полимера в условиях однородного сдвига при наложении внешнего сжимающего давления между валками с получением пластины, длинной ленты или пленочной нити.

Способ получения металлического композиционного материала с дисперсной фазой на основе карбида (RU 2707055 C1)

Изобретение относится к области нанотехнологии и порошковой металлургии, а именно к композиционным материалам с металлической матрицей и наноразмерными упрочняющими частицами карбидов [3]. Техническим результатом изобретения является повышение прочностных характеристик и жаропрочности композиционного материала на основе железа, содержащего в качестве дисперсной фазы карбид титана и карбид кремния.

Способ включает приготовление смеси порошка из матричного металла с керамическими наноразмерными частицами, прессование и спекание под давлением. В качестве наноразмерных частиц используют частицы карбида титана или карбида кремния с размером 5–50 нм. Перед приготовлением смеси проводят подготовку поверхности керамических наноразмерных частиц парами треххлористого железа $FeCl_3$, затем проводят обработку парами воды в токе сухого инертного газа, после чего проводят одновременную обработку парами треххлористого железа $FeCl_3$ и парами воды в токе сухого инертного газа с последующей их обработкой в восстановительной среде H_2, а затем при комнатной температуре в течение 30 минут. Полученные керамические наноразмерные частицы с металлическим покрытием смешивают с порошком из чистого железа α-Fe размером 60–80 нм и проводят их прессование, после чего нагревают в пресс-форме до 480°C с последующим окончательным горячим прессованием. Обеспечивается повышение прочности и жаропрочности материала, который может быть использован для изготовления газотурбинных установок и режущего инструмента.

Способ получения композитных наноструктурированных порошков на основе графена и оксидов Al, Ce и Zr (RU 2706652 C1)

Изобретение относится к нанотехнологии и может быть использовано при изготовлении суперконденсаторов, топливных элементов, электродов литий-ионных батарей, биотопливных ячеек, све-

тоизлучающих диодов, электро- и фотохромных устройств, фотокатализаторов и устройств для хранения водорода [4]. Технический результат достигается тем, что в способе получения наноструктурированных композитных порошков на основе графена и оксидов Al, Ce и Zr используется комбинирование золь-гель синтеза и сонохимического метода получения бескислородного графена в эмульсии N,N-диметилоктиламин-вода из синтетического графита в подкисленной среде. При этом в качестве источников металлов используют 0,05М растворы нитратов, которые переводят в золи с помощью ацетилацетона и N,N-диметилоктиламина. При соединении свежеприготовленного металл-содержащего золя, стабилизированного N,N-диметилоктиламином, с суспензией бескислородного графена, стабилизированной также N,N-диметилоктиламин-содержащей эмульсией (эмульсия Пикеринга), происходит взаимодействие фиксированных на поверхности раздела фаз масло-вода листов графена и частиц металл-содержащего золя. В результате при последующих гелеобразовании и термообработке на воздухе происходит формирование наноструктурированных композитных частиц, относящихся к ван-дер-вальсовым системам.

Коаксиальные регулярные наномезоструктуры, способ их получения и способ получения микрокапсул из этих структур (RU 2703624 C2)

Изобретение относится к области химического материаловедения и может быть использовано при изготовлении датчиков химического состава, электрохимических источников тока, носителей катализаторов, химических реагентов, меток, хроматографических фаз или дозы лекарства в микрокапсулах [5]. Синтезируют массивы углеродных вертикально ориентированных нанотрубок из углеводорода с ферроценом на высокодефектной поверхности кремния при температуре от 600–1000°С. Для формирования высокодефектной поверхности монокристаллический кремний обрабатывают абразивной пастой с последующим травлением плавиковой кислотой. Получают коаксиальные регулярные углеродные наномезоструктуры, сформированные из хаотически переплетенных углеродных нанотрубок, образующих устойчивую пространственную форму с конфигурацией, в основе которой лежит топология полого кругового цилиндра с внешним диаметром 1–60 мкм при отношении длины к внешнему диаметру от 10 до 10^4. Полученные углеродные наномезоструктуры измельчают, просеивают и классифицируют по размеру. Торцы полученных микрокапсул открывают, подвергая их окислению путем термохимической или электрохимической обработки. Для термохимической обработки используют атомарный или молекулярный кислород, или озон. Для электрохимической обработки проводят электролиз в растворе щелочи, кислоты или хлорида аммония. Изобретения позволяют получать углеродные наномезоструктуры устойчивых размеров и формы, воспроизводимые в результате синтеза, а также расширить область применения за счет заполнения полостей микрокапсул различными веществами и наполнителями.

Анодный материал для литий-ионного аккумулятора и способ его получения (RU 2703629 C1)

Изобретение относится к области литиевой электрохимической энергетики, в частности к анодным материалам литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), применяемых для энергообеспечения крупногабаритных энергоустановок гибридного и электрического автотранспорта, систем бесперебойного электроснабжения, робототехнических средств, автономных аппаратов и т.п. [6]. В качестве такого материала предложен наноструктурированный допированный цирконием диоксид титана в кристаллической модификации бронз, относящийся к твердым растворам, с формулой $Ti_{1-x}Z_{rx}O_2(B)$, где x = 0,03–0,06. Для его получения проводят гидротермальную обработку в щелочной среде наночастиц диоксида титана в модификации анатаз в присутствии оксихлорида циркония $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ в течение 48–96 ч при температуре не менее 150°С и не более 170°С. Затем осуществляют ионный обмен в течение 72 ч в 0,05 М растворе соляной кислоты с его заменой каждые 24 ч. Осадок отделяют на центрифуге, промывают дистиллированной водой до pH7, сушат на воздухе в течение 12 ч при температуре 90°С и проводят отжиг. Изобретение позволяет увеличить устойчивость структуры анодного материала в процессе циклирования как минимум до 90 циклов заряда/разряда.

Способ повышения прочности на разрыв композитного материала с помощью предварительной пропитки углеволокон углеродными нанотрубками (RU 2703635 C1)

Изобретение относится к способам повышения прочностных свойств формируемой копмпозитной структуры за счет улучшения взаимодействия углеволокна и эпоксидной матрицы [7]. Для повышения прочности на разрыв композитного материала модифицируют поверхность углеволокон углеродными нанотрубками (УНТ). УНТ наносят на поверхность углеволокна с помощью пропитки углеволокон раствором УНТ в 2-пропаноле с концентрацией УНТ в диапазоне от 200 до 500 мкг/мл. К раство-

ру добавляют отвердитель: аминоэтилпиперазин или пентаэтиленгексамин, с концентрацией от 150 до 250 мкг/мл. Пропитку углеволокон раствором осуществляют путем полного погружения модифицируемых углеволокон в раствор, который дополнительно подогревают до температуры 80–85°С. Обеспечивается повышение механической прочности композита за счет формирования сетки углеродных нанотрубок, связанной с углеволокном.

Способ изготовления объемных микроразмерных структур из наночастиц и устройство для его осуществления (RU 2704358 C1)

Группа изобретений относится к аддитивному изготовлению объемных микроразмерных структур из наночастиц путем спекания наночастиц на подложке [8]. Получают поток аэрозоля с наночастицами в импульсно-периодическом газовом разряде в потоке транспортного газа, затем производят нагрев аэрозоля с наночастицами в потоке транспортного газа с обеспечением получения наночастиц сферической формы требуемого размера, транспортируют полученный поток аэрозоля с наночастицами к головке с соплом для фокусировки его на подложке, подают в указанное сопло поток аэрозоля с наночастицами и одновременно защитный газ с обеспечением фокусировки потока аэрозоля наночастиц на подложке и осаждают наночастицы из сфокусированного потока аэрозоля на подложку. Осаждение и спекание наночастиц на подложке ведут в атмосфере защитного газа, которую создают под соплом. Предложено устройство для осуществления упомянутого выше способа. Обеспечивается изготовление качественных объемных микроразмерных структур при улучшении санитарно-гигиенических условий производства.

Способ получения углеродных металлсодержащих наноструктур (RU 2704433 C2)

Изобретение относится к химической промышленности и материаловедению и может быть использовано при изготовлении добавок, улучшающих свойства материалов [9]. Смесь органического и металлсодержащего вещества механически обрабатывают перетиранием. Используют органические вещества циклического и ациклического строения с боковыми функциональными группами, например полиэтиленполиамин, или изометилтетрагидрофталевый ангидрид, или диглицидиловый эфир этиленгликоля. В качестве металлсодержащего вещества используют оксиды таких 3d-металлов, как медь, железо или никель. Затем обработанную смесь подвергают ступенчатому нагреву без доступа воздуха в интервале температур 100–400°С. После ступенчатого нагрева смеси производят ее механическое измельчение до размеров частиц в пределах 10–500 нм. Получают углеродные металлсодержащие наноструктуры в виде наносфер. Технический результат – повышение качественных характеристик материалов, модифицируемых углеродными металлсодержащими наноструктурами.

Антистатическое напольное покрытие с углеродными нанотрубками (RU 2705066 C2)

В промышленной среде электростатический разряд представляет собой серьезную угрозу, поскольку может вызвать воспламенение, взрыв или вывести из строя электронное оборудование. Антистатические напольные покрытия призваны снизить риск возникновения таких происшествий. Бетонные или цементные напольные покрытия обладают антистатическими свойствами по своей природе, но не всегда являются подходящим выбором ввиду отсутствия ряда важных качеств, а именно, эстетическая привлекательность, простота в очистке и стерилизации, устойчивость к термическим, механическим и химическим воздействиям. Этими свойствами обладают полимерные покрытия, благодаря чему они находят широкое применение на промышленных объектах, в производственных, складских и жилых помещениях.

Изобретение относится к антистатическим напольным покрытиям и может использоваться при производстве покрытий данного типа [10]. Антистатическое напольное покрытие содержит отверждаемую полиуретановую смолу и наполнитель в форме одностенных углеродных нанотрубок в количестве 0,001–0,1 масс.%. Напольное покрытие с антистатическими свойствами обладает хорошей однородностью и возможностью окрашивания в широком диапазоне цветовой гаммы без потери антистатических свойств покрытия – цветовая гамма покрытия составляет не менее 200 индексов по шкале RAL. Напольное покрытие имеет сопротивление менее $10^9\Omega$, измеренное в соответствии со стандартом ASTM F 150-06(2013).

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий:

- Способ введения одностенных и/или двустенных и/или многостенных углеродных нанотрубок в состав адгезионных добавок для асфальтового покрытия и применение одностенных и/или двустенных и/или многостенных углеродных нанотрубок в составе адгезионных добавок [11].

- Гидрокаталитические процессы переработки тяжелых нефтяных фракций с использованием перспективных наноразмерных катализаторов [12].
- Система очистки сточных вод с использованием наномодифицированных природных сорбентов [13].
- Способ электроимпульсного нанесения упрочняющего покрытия из порошка на поверхность стальной детали и устройство для его осуществления [14].
- Упрочнение алюминиевых проволок, обработанных нанокомпозитами с A206 [15].
- Строительный конструкционный элемент [16].
- Механические и микроструктурные свойства цементных паст, содержащих углеродные нанотрубки и структуры, углеродную нанотрубку-кремнезем, ядро-оболочку, подвергнутые воздействию высоких температур [17].
- Мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии [18].
- Новый композитный материал, содержащий соединение железа и оксид графена [19].
- Способ получения нанопористых полимеров [20].
- Прочность и долговечность цементных растворов, содержащих нанокремнезем и мелкий заполнитель из отходов стекла [21].
- Способ безреагентной очистки карьерных и отвальных вод [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что именно популяризация и внедрение изобретений является важным фактором успеха многих преуспевающих компаний. Например, General Electric, которая вошла в мировую историю как одна из самых инновационных компаний 20 века, является компанией, которая изначально попала в список индекса Доу-Джонса в 1896 году и до сих пор там находится. Поэтому надеемся, что публикуемая в данной рубрике информация будет востребованной и полезной для специалистов. Подтверждением того, что статьи из рубрики «Обзор изобретений» пользуются особой популярностью, является информация о количествах просмотров материалов, наример, в полнотекстовой базе научных журналов открытого доступа Open Academic Journals Index OAJI (США), ссылка – http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931.

REFERENCES

1. Bedanokov A.Ju., Beshtoev B.Z., Shoranova L.O., Lednev O.B. Sposob poluchenija ognestojkih drevesno-polimernyh kompozitov na osnove vtorichnyh poliolefinov [A method to produce fireproof wood-polymer composites on the basis of secondary polyolefine] Patent RF 2703539 C2. 2019. Bul. № 30.

2. Lebedev O.V., Ozerin A.N., Mart'janov A.M., Golubev E.K., Kurkin T.S., Putivskij I.A. Sposob poluchenija uprochnennogo nanokompozita s dopolnitel'nymi svojstvami [A method to produce strengthened nanocomposite with additional properties]. Patent RF 2707344 C2. 2019. Bul. № 33.

3. Zemcova E.G., Smirnov V.M., Semjonov B.N. Sposob poluchenija metallicheskogo kompozicionnogo materiala s dispersnoj fazoj na osnove karbida [A method to produce metal composite material with disperse phase based on carbide]. Patent RF 2707055 C1. 2019. Bul. № 33.

4. Trusova E.A., Kirichenko A.N., Kocareva K.V. Sposob poluchenija kompozitnyh nanostrukturirovannyh poroshkov na osnove grafena i oksidov al, ce i zr [A method to produce composite nanostructures powders based on graphene and oxide Al, Ce and Zr]. Patent RF 2706652 C1. 2019. Bul. № 32.

5. Makunin A.V., Bukunov K.A., Chechenin N.G. Koaksial'nye reguljarnye nano-mezostruktury, sposob ih poluchenija i sposob poluchenija mikrokapsul iz jetih struktur [Coaxial regular nano-mesostructures, a method to produce them and a method to produce microcapsules from these structures]. Patent RF 2703624 C2. 2019. Bul. № 30.

6. Opra D.P., Gnedenkov S.V., Sinebrjuhov S.L., Sokolov A.A. Anodnyj material dlja litij-ionnogo akkumuljatora i sposob ego poluchenija [Anodic material for lithium-ion battery and a method to produce it]. Patent RF 2703629 C1. 2019. Bul. № 30.

7. Romashkin A.V., Struchkov N.S., Levin D.D., Polikarpov Ju.A., Komarov I.A. et al.
Sposob povyshenija prochnosti na razryv kompozitnogo materiala s pomoshh'ju predvaritel'noj propitki uglevolokon [A method to rise breaking strength of composite material by preliminary impregnation of carbon fibers with carbon nanotubes]. Patent RF 2703635 C1. 2019. Bul. № 30.

8. Ivanov V.V., Efimov A.A., Tuzhilin D.N., Saprykin D.L. Patent 2704358 RF MPK C1. Sposob izgotovlenija obiemnyh mikrorazmernyh struktur iz nanochastic i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [A method to produce volume microscale structures from nanoparticles and a device to perform it]. Patent RF 2704358 C1. 2019. Bul. № 31.

9. Shevnin A.A., Zaharov A.I., Salihov R.G. Sposob poluchenija uglerodnyh metallsoderzhashhih nanostruktur [A method to produce carbon metal-containing nanostructures]. Patent RF 2704433 C2. 2019. Bul. № 31.
10. Predtechenskij M.R., Il'in E.S., Chebochakov D.S., Bezrodnyj A.E. Antistaticheskoe napol'noe pokrytie s uglerodnymi nanotrubkami [Antistatic floor coating with carbon nanotubes and other]. Patent RF 2705066 C2. 2019. Bul. № 31.
11. Ivanov LA., Borisova O.N., Muminova S.R. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part I. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 91–101. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101.
12. Mustafin I.A., Sidorov G.M., Stankevich K.E., Bajram-Ali T.M., Salishev A.I., Murtazin E.V., Gancev A.V. Fundamental'nye issledovanija [Fundamental researches]. 2018. № 7. P. 22–28. (In Russian).
13. Malkin P. Wastewater treatment system based on nanomodified natural sorbents. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 5, pp. 56–72. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-56-72.
14. Bashlykov S.S., Shornikov D.P., Tarasova M.S., Novikov S.V. Patent 2705744 RF MPK C1. Sposob jelektroimpul'snogo nanesenija uprochnjajushhego pokrytija iz poroshka na poverhnost' stal'noj detali i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [A method of electroimpulse application of hardening powder coating on steel part surface and a device to perform it]. Patent RF 2705744 C1. 2019. Bul. № 32.
15. Florian – Algarin, D., Marrero, R., Li, X., Choi, H.,& Suarez, O.M. (2018). Strengthening of Aluminum Wires Treated with A206/Alumina Nanocomposites. Materials, 11 (3).
16. Ivanov LA., Prokopiev P.S. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part III. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no.3, pp. 292–303. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303.
17. Sikora P., Abd Elrahman M., Chung S.-Y., Cendrowski K., Mijowska E., Stephan D. Mechanical and microstructural properties of cement pastes containing carbon nanotubes and carbon nanotube-silica core-shell structures, exposed to elevated temperature. 2019, Vol. 95, pp. 193-204. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2018.11.006.
18. Malkin P., Shurupov A.N., Zaitsev M.A., Eschenko K.E. Smart, mobile and Autonomous station for collection and accumulation of solar and electric energy, patent application 495035465, – 2019.
19. Kinosita I., Hasimoto H., Isobe K., Sera J., Jamasita Je.,Horibe T. Novyj kompozitnyj material, soderzhashhij soedinenie zheleza i oksid grafena [A new composite material, containing ferrum and graphene oxide compound]. Patent RF 2706318 C2. 2019. Bul. № 32.
20. Ivanov L.A., Demenev A.V., Muminova S.R. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part II. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 2, pp. 175–185. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185.
21. Skoczylas K., Rucińska T. Strength and durability of cement mortars containing nanosilica and waste glass fine aggregate. Cement Wapno Beton. 2018, Vol. 3, pp. 206–215.
22. Baharev S.A. Patent 2700516 RF MPK C2. Sposob bezreagentnoj ochistki kar'ernyh i otval'nyh vod [A method of non-chemical treatment of quarry and residual water]. Patent RF 2700516. 2019. Bul. № 26.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беданоков А.Ю., Бештоев Б.З., Шоранова Л.О., Леднев О.Б. Способ получения огнестойких древесно-полимерных композитов на основе вторичных полиолефинов // Патент 2703539 РФ МПК C2. – 2019. – Бюл. № 30.
2. Лебедев О.В., Озерин А.Н., Мартьянов А.М., Голубев Е.К., Куркин Т.С., Путивский И.А. Способ получения упрочненного нанокомпозита с дополнительными свойствами // Патент 2707344 РФ МПК C2. – 2019. – Бюл. № 33.
3. Земцова Е.Г., Смирнов В.М., Семенов Б.Н. Способ получения металлического композиционного материала с дисперсной фазой на основе карбида // Патент 2707055 РФ МПК C1. – 2019. – Бюл. № 33.
4. Трусова Е.А., Кириченко А.Н., Коцарева К.В. Способ получения композитных наноструктурированных порошков на основе графена и оксидов al, ce и zr // Патент 2706652 РФ МПК C1. – 2019. – Бюл. № 32.
5. Макунин А.В., Букунов К.А., Чеченин Н.Г. Коаксиальные регулярные наномезоструктуры, способ их получения и способ получения микрокапсул из этих структур // Патент 2703624 РФ МПК C2. – 2019. – Бюл. № 30.
6. Опра Д.П., Гнеденков С.В., Синебрюхов С.Л., Соколов А.А. Анодный материал для литий-ионного аккумулятора и способ его получения // Патент 2703629 РФ МПК C1. – 2019. – Бюл. № 30.
7. Ромашкин А.В., Стручков Н.С., Левин Д.Д., Поликарпов Ю.А., Комаров И.А. и др. Способ повышения прочности на разрыв композитного материала с помощью предварительной пропитки углеволокон // Патент 2703635 РФ МПК C1. – 2019. – Бюл. № 30.
8. Иванов В.В., Ефимов А.А., Тужилин Д.Н., Сапрыкин Д.Л. Способ изготовления объемных микроразмерных структур из наночастиц и устройство для его осуществления // Патент 2704358 РФ МПК C1. – 2019. – Бюл. № 31.
9. Шевнин А.А., Захаров А.И., Салихов Р.Г. Способ получения углеродных металлсодержащих наноструктур // Патент 2704433 РФ МПК C2. – 2019. – Бюл. № 31.
10. Предтеченский М.Р., Ильин Е.С., Чебочаков Д.С., Безродный А.Е. Антистатическое напольное покрытие с углеродными нанотрубками // Патент 2705066 РФ МПК C2. – 2019. – Бюл. № 31.
11. Иванов Л.А., Борисова О.Н., Муминова С.Р. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 1. – С. 91–101. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101.

12. Мустафин И.А., Сидоров Г.М., Станкевич К.Е., Байрам-Али Т.М., Салишев А.И., Муртазин Е.В., Ганцев А.В. Фундаментальные исследования. – 2018. – № 7. – С. 22–28.

13. Малкин П. Система очистки сточных вод с использованием наномодифицированных природных сорбентов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 5. – С. 56–72. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-56-72.

14. Башлыков С.С., Шорников Д.П., Тарасова М.С., Новиков С.В. Способ электроимпульсного нанесения упрочняющего покрытия из порошка на поверхность стальной детали и устройство для его осуществления // Патент 2705744 РФ МПК C1. – 2019. – Бюл. № 32.

15. Флориан-Алгарин, Д. Марреро, Р., Ли, Х., Цой, Х., . Суарес, О. М. (2018). Упрочнение алюминиевых проволок, обработанных нанокомпозитами с A206 // Глиноземные нанокомпозиты. Материалы. – 11 (3). – https://doi.org/10.3390/mal11030413

16. Иванов Л.А., Прокопьев П.С. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 3. – С. 292–303. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303.

17. Сикора П., Абд Эльрахман М., Чунг С.-Ю., Чендровски К., Мижовска Е., Стефан Д. Механические и микроструктурные свойства цементных паст, содержащих углеродные нанотрубки и структуры углеродная нанотрубка-кремнезем ядро-оболочка, подвергнутые воздействию высоких температур. – 2019. – Вып. 95. – С. 193–204. – DOI: 10.1016 / j.cemconcomp.2018.11.006

18. Малкин П., Шурупов А.Н., Зайцев М. А., Ещенко К. Э. Умная, мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии // Заявка на патент 495035465. – 2019.

19. Киносита И., Хасимото Х., Исобе К., Сера Й., Ямасита Э., Хорибе Т. Новый композитный материал, содержащий соединение железа и оксид графена // Патент 2706318 РФ МПК C2. – 2019. – Бюл. № 32.

20. Иванов Л.А., Деменев А.В., Муминова С.Р. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 2. – С. 175–185. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185.

21. Скочилас К., Ручинская Т. Прочность и долговечность цементных растворов, содержащих нанокремнезем и мелкий заполнитель из отходов стекла // Цемент Вапно Бетон. – 2018. – Т. 3. – С. 206–215.

22. Бахарев С.А. Способ безреагентной очистки карьерных и отвальных вод // Патент 2700516 РФ МПК C2. – 2019. Бюл. № 26.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Leonid A. Ivanov, Ph.D. in Engineering, Vice President of the International Academy of Engineering, Member of the International Journalist Federation; Gazetny per., block 9, bld. 4, Moscow, Russian Federation, 125009, L.a.ivanov@mail.ru

Konstantin E. Razumeev, Doctor of Engineering, Professor, Dean of Textile Institute, A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russian Federation, ker2210@yandex.ru

Elena S. Bokova, Doctor of Engineering, Professor, Department of Chemistry and Technology of Polymers and Nanocomposites, A.N. Kosygin Russian State University (Technology, Design, Art), Moscow, Russian Federation, esbokova@ya.ru

Svetlana R. Muminova, Ph.D. in Engineering, Assistant Professor, Russian State University of Tourism and Service; Glavnaya str., 99, Cherkizovo, Moscow region, Russian Federation, 141221, it.rguts@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванов Леонид Алексеевич, канд. техн. наук, вице-президент Международной инженерной академии, член Международной федерации журналистов; Газетный пер., д. 9, стр. 4, г. Москва, Россия, 125009, L.a.ivanov@mail.ru

Разумеев Константин Эдуардович, доктор технических наук, профессор, директор текстильного института, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (РГУ им. А.Н. Косыгина), г. Москва, Россия, ker2210@yandex.ru;

Бокова Елена Сергеевна, д.т.н., профессор кафедры химии и технологии полимерных материалов и нанокомпозитов, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (РГУ им. А.Н. Косыгина), г. Москва, Россия, esbokova@ya.ru;

Муминова Светлана Рашидовна, канд. техн. наук, доцент, Высшая школа сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса; ул. Главная, 99, пос. Черкизово, Московская область, Россия, 141221, it.rguts@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742
UDC 622.245

Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 2

Authors:

Farit A. Agzamov,
Professor of the Department «Oil and Gas Well Drilling», Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, faritag@yandex.ru;

Elvira R. Ismagilova,
MSc (UK, University of Salford), PhD student of the Department «Oil and Gas Well Drilling», Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, yusupova_elvira@mail.ru

Abstract: To control water production, it is necessary to seal the channels of 20–25 mm thickness in the cement sheath at a depth of hundreds and thousands of meters. The most promising solution is the use of self-healing cements.

The concept of self-healing materials has been known since the 1980s due to the studies of Donald Jud. The most fundamental works are by Sybrand van der Zwaag, Sheba D. Bergman and Fred Wudl, Richard P. Wool, D.Y Wu, N.R. Sottos, Erin B. Murphy, Henk Jonkers, who substantiated the concept, suggested technologies and additives to restore the integrity of polymer and cement materials.

Despite active research in this area, Schlumberger is the only service company which elaborated and successfully applied the «self-healing» well cement called Futur.

The authors of the article set the task of well cement modification that could enable autonomous «healing» of water-conducting channels through which formation water migrates.

The following materials were used in the study: polyacrylamide (PAA), water-swellable polymer (VNP V-615), sodium polyacrylate (SP), cross-linked PAA copolymers, active waterproofing mineral additives and swelling elastomers. Most of the additives have a degree of swelling of more than 150%, they effectively reduce a permeability of the cement stone, however multi-layer coating is required to control the speed of their swelling. A significant drawback of the analyzed materials was the complexity of the coating.

A cross-linked AA copolymer based on anionic polycrylamide was the most effective reagent that was easily covered with a water-soluble shell. The cement stone with integrated agent of AA copolymer demonstrated a permeability of 0.0018 μm2 with the strength of the samples for bending at the age of 2 days equal to 8.0 MPa.

Keywords: cement stone, water passages, water absorbing reagents, modifying additives, triggering mechanism, autonomous cement sheath repair, self-healing cements.

For citation: Agzamov F.A., Ismagilova E.R. Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 2. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 730–742. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 2. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 730–742. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Agzamov F.A., Ismagilova E.R. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="faritag@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">faritag@yandex.ru.

The paper has been received by editors: 28.08.2019.
The paper has been received by editors after peer-review: 20.09.2019.
The paper has been accepted for publication: 29.09.2019.

Самозалечивающиеся цементы – ключ к сохранению герметичности крепи скважин. Часть 2

Авторы:

Агзамов Фарит Акрамович,
профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «УГНТУ»;
г. Уфа, Россия, faritag@yandex.ru;

Исмагилова Эльвира Римовна,
магистр нефтегазового дела (Великобритания, Университет Сэлфорда),
аспирант кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «УГНТУ»; г. Уфа, Россия,
yusupova_elvira@mail.ru

Резюме: Для ограничения водопритока в скважинах необходимо герметизировать каналы в цементном кольце толщиной 20–25 мм, на глубине сотен и тысяч метров. При этом наиболее перспективным решением является применение самозалечивающихся цементов.

Работы по получению самовосстанавливающихся материалов начались с 1980-х годов, с работ Дональда Джуда. Широкую известность получили работы Сибрандван дер Цваага, Шеба Д. Бергмана и Фреда Вудла, Ричарда П. Вула, Д.И. Ву, Н.Р. Соттоса, Эрина Б. Мерфи, Хенка Джонкерса, которые обосновали концепции, предложили технологии и добавки для восстановления герметичности полимерных и цементных материалов. Несмотря на активное развитие этого направления исследований, только компания Шлюмберже остается единственной, разработавшей и успешно применяющей для цементирования скважин «самозалечивающийся» цемент «Futur».

Авторами статьи ставилась задача модифицирования тампонажных цементов, способных к автономному «залечиванию» водопроводящих каналов притока пластовой воды.

В исследованиях использованы полиакриламид (ПАА), водонабухающий полимер (ВНП В-615), полиакрилат натрия (ПАН), сшитые сополимеры ПАА, активные гидроизолирующие минеральные добавки и набухающие эластомеры. Большинство добавок имеет степень набухания более 150%, они эффективно снижают проницаемость цементного камня, но для регулирования скорости их набухания необходимы многослойные оболочки, создание которых является существенным недостатком большинства материалов.

Наиболее эффективным реагентом явился сшитый сополимер АА на основе анионного поликриламида, легко покрывающийся водорастворимой оболочкой. Цементный камень с добавкой сополимера АА имел проницаемость 0,0018 мкм^2 при прочности на изгиб в возрасте 2-х суток 8,0 МПа.

Ключевые слова: цементный камень, водопроводящие каналы, самовосстанавливающиеся материалы, триггерный механизм, автономное самовосстановление цементного камня.

Для цитирования: Агзамов Ф.А., Исмагилова Э.Р., Самозалечивающиеся цементы – ключ к сохранению герметичности крепи скважин. Часть 2 // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 730–742. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742.

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 2. by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 730–742. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742." property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Agzamov F.A., Ismagilova E.R. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="faritag@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">faritag@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию: 28.08.2019.
Статья поступила в редакцию после рецензирования: 20.09.2019.
Статья принята к публикации: 29.09.2019.

THE EXPERIMENTAL PART

Methodology of the experimental research

The physical and mechanical properties of the modifying additives, cement slurry and cement stone made of the modified cement were determined, with a water-cement ratio of 0.5 using standard equipment in accordance with the State Standards GOST 1581-96 and GOST 310.1.96. The granulometric analysis of the components was carried out applying the standard method of sieve analysis.

The swelling kinetics was evaluated with a device for swelling kinetics determination called PKN-2. The degree of the polymer swelling was identified through its mass expression, %:

$$M = (m - m_0)/m_0 \cdot 100,$$

m –weight of swollen polymer;
m_0 – initial polymer weight.

The permeability of the cement stone was defined using the equipment called OFITE MODEL 90 Cement Permeameter.

The tensile strength of the cement stone for bending and compression was measured at the age of 2 days with a universal testing machine MATEST.

There is a phenomenon of mechanical activation – the acquisition of high rheological activity due to deformation of self-stressing microdefects – all along of which the water absorption rate of the crushed modifying additives increases tremendously [27]. In order to enhance the modifying additives activity, they were subjected to additional grinding in a laboratory disintegrator at collision velocity of 150 m/s.

The results of experimental studies

We made samples of modifying additives to test the possibility of *polyacrylamide* (PAA) usage as a water-swellable component. The sample was composed of a PAA core and a silicone polymer shell.

Evaluation of the swelling kinetics (Fig. 1) demonstrates: the additives started to swell in 2 hours after the interaction with water, and the swelling proceeded within 7 hours with a maximum increase in volume of up to 150% comparing with the initial volume of the additive.

While studying the permeability of "self-healing" cement samples containing 1% modifying additive based on PAA at WCR = 0.5, the sample received through defects, and broke into pieces.

When testing the sample for bending at the age of 2 days, the results did not exceed 3.3 MPa. Figure 2 shows a snapshot of the sample, at the break of which the gel-like PAA fibers are visualized, the entire sample is covered with slime, while the stone has a heterogeneous structure, besides medium sized cavities can be seen.

Furthermore, difficulties in coating the PAA powder arose due to PAA size and the impossibility of its granulation. Moreover, the PAA active water absorption requires a multilayer shell.

Testing of *water-swellable polymer* (WSP) for the first ten hours of swelling given by the swelling degree at 144% of the initial volume, for the first day the swelling degree was equal to 174%, and for 4 days – 321%, then the stabilization phase began (Fig. 3).

Samples made of cement modified with additive of WSP (1%) had permeability of 0,002 μm^2.

The strength of the samples at the age of 2 days in water and 5 days on air was equal to 7.4 MPa. Figure 4 shows a snapshot of a sample at which a bending load

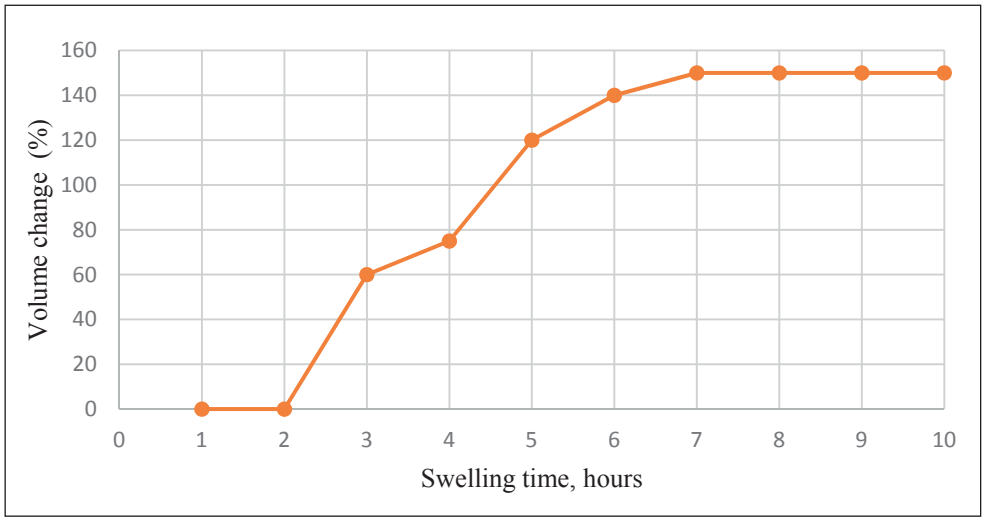


Fig. 1. **Dynamics of PAA swelling**

Fig. 2. **Samples of cement stone containing PAA (1%)**

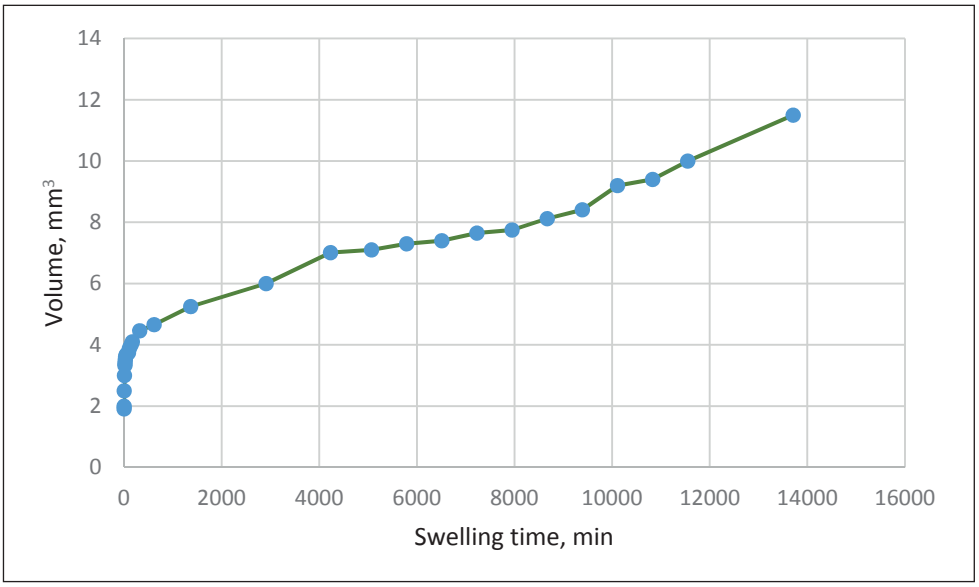


Fig. 3. **Dynamics of WSP swelling**

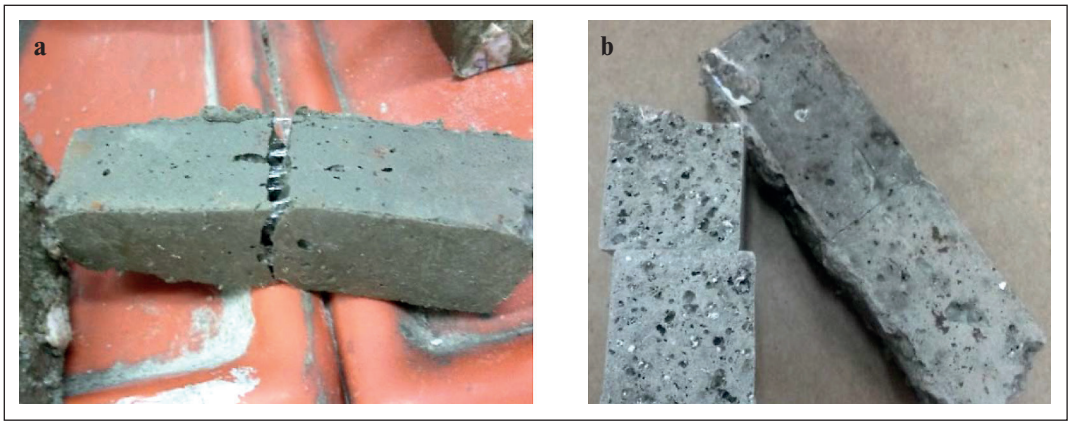


Fig. 4. **Samples of cement stone containing WSP (1%):**
a) at the age of 2 days in water; b) at the age of 5 days on air

was applied. The sample was not completely broken, and at the same time gel-like fibers can be seen on the crack (Fig. 4a). After 5 days of air-hardening the fibers became dry resulting in the fibers fusion thereafter the gap disappeared (Fig. 4b).

The difficulty in coating of WSP powder turned out to be the main disadvantage. An experiment on WSP granulation with calcium polysulfide coating showed that the layer of coating does not fall evenly, causing clumping of WSP, the granules of which quickly harden. The second layer of silicone lies on the WSP evenly, loosening the particles of WSP in the calcium polysulfide layer. In case of the shell damage, when at the stage of cement mixing vulnerable areas may appear, the mobility of the slurry will be quickly lost even with a plasticizer addition.

Sodium polyacrylate (SP) swells within the first 13 hours, with an increase in volume of up to 175% (Figure 5).

Samples made of cement modified with additive of 1% SP demonstrated a permeability of 0,0012 μm², which is several times less than the permeability of a stone with an additive of WSP and ten times less than the permeability of a cement stone having no additives.

The strength of the samples for bending at the age of 2 days in water and 5 days on air was equal to 9.9 MPa. SP additive was well integrated into the cement slurry, besides it is hardly noticeable on the cut of the cement stone sample (Figure 6).

The difficulty in coating of SP turned out to be the main disadvantage of this material.

Silica fume is one of the most effective *waterproofing mineral supplement* (WMS). Swelling of microsilica is not visible, but according to the results of tests the permeability was equal to 0.001 μm², while the strength of the samples for bending at the age of 2 days was equal to 8.4 MPa. These outcomes are explained by the change in the structure of the stone during the transformation

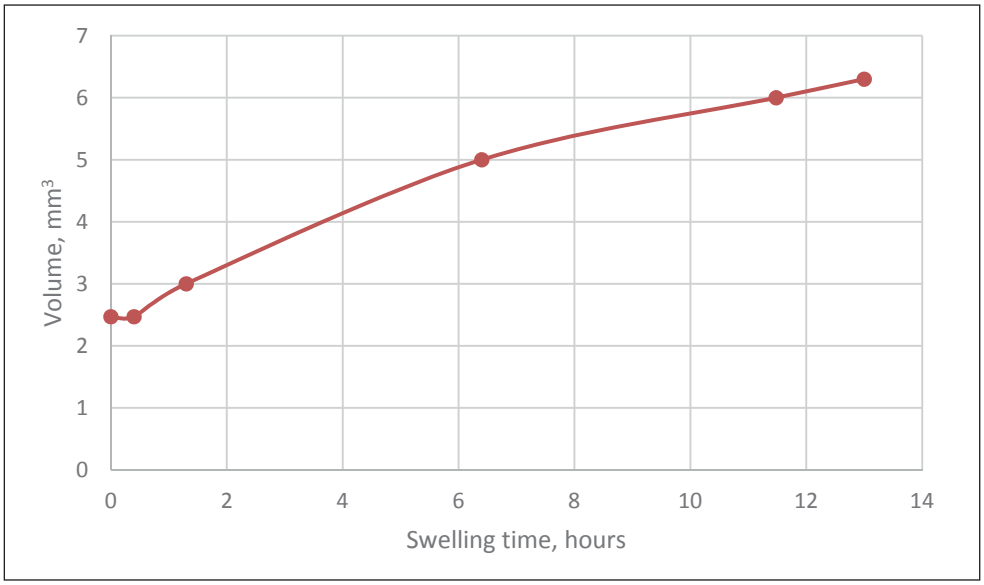


Fig. 5. **Dynamics of SP swelling**

Fig. 6. **Samples of cement stone containing SP (1%)**

of $Ca(OH)_2$ into calcium hydrosilicates due to the microsilica introduction.

There are some disadvantages of this material such as a slight swelling and difficulty in the coating occurred due to the nano sized particles. In addition, it is necessary to regulate the presence of WMS, since there should be no complete binding of $Ca(OH)_2$ in order to prevent the depassivation of the steel structure.

Water swellable elastomers, WSE, (rubber compounds) demonstrate the ability of the volumetric swelling to vary in the aqueous medium, for fresh water – up to 850%, for formation water – up to 200%. The temperature

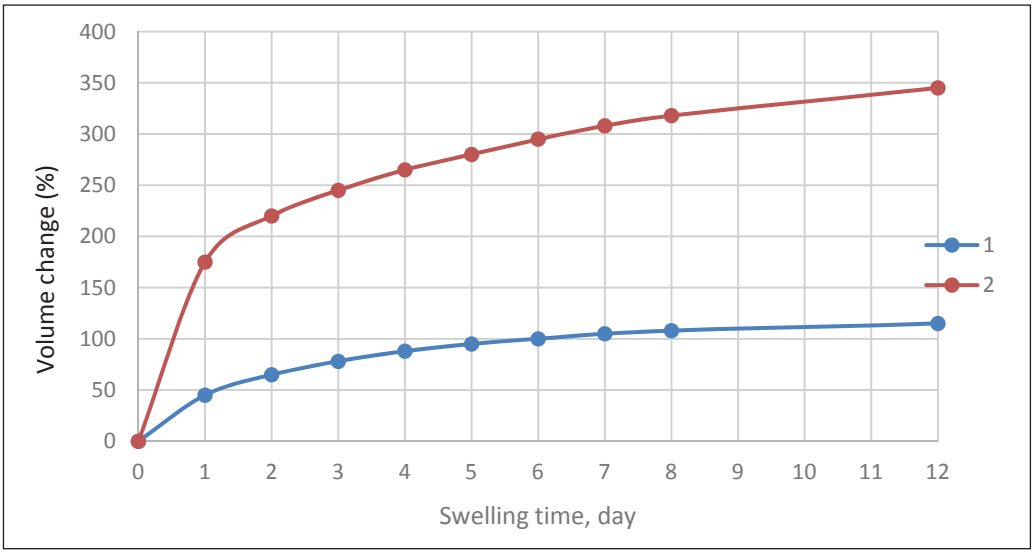


Fig.7-1. **Dynamics of swelling of WSE with different concentrations of water absorption modifiers in the formation water of 5% salinity at 90°C**

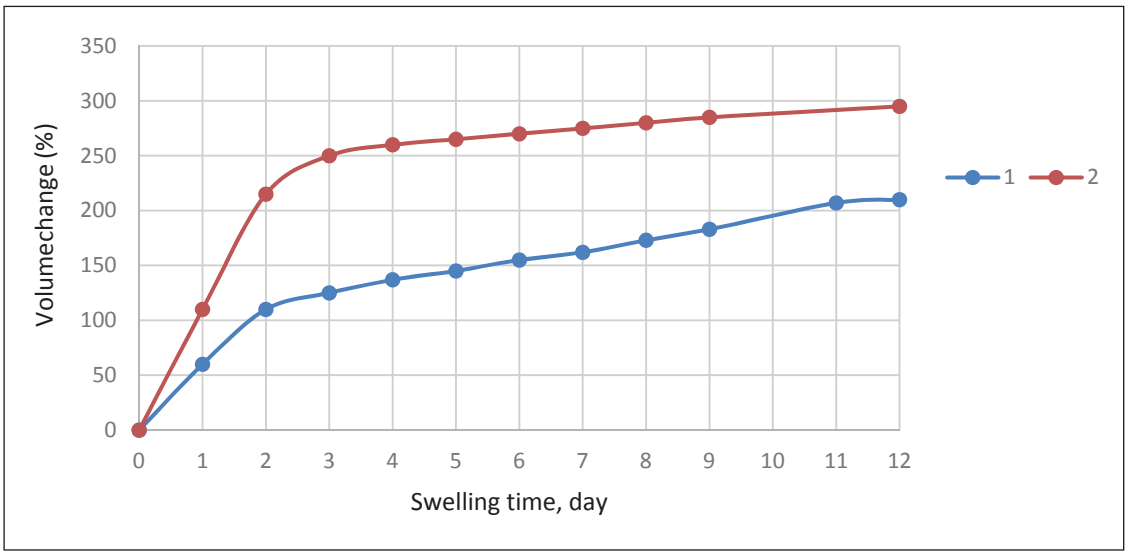


Fig. 7-2. **Dynamics of WSE swelling in the formation water of 25% salinity:** 1 – at 22°C; 2 – at 90°C

range of elastomers application is from –30 to +100°C (Figure 7).

Samples made of cement modified with additive of 1% WSE demonstrated a permeability of 0.0014 μm2, while the strength of the samples for bending at the age of 2 days was equal to 7.4 MPa.

There are some disadvantages of this material such as weak adhesion to cement stone and a relatively small degree of swelling.

Figure 8 shows the dynamics of ***cross-linked copolymer AA*** swelling. This is a superabsorbent, which absorbs most of the moisture within an hour. It is observed that the smaller the size of the superabsorbent granules, the greater the rate and volume of adsorption.

Samples made of cement modified with additive of crosslinked AA copolymer (1%) demonstrated a permeability of 0.0018 μm^2, while the strength of the samples for bending at the age of 2 days was equal to 8.0 MPa.

Samples of superabsorbent are easily covered with a water-soluble polymer complex, which is able to withstand dissolution for 6 hours; they can be easily integrated into the cement system, since the density and size of the particles are commensurate with the particles of cement powder. In a full-scale experiment with the creation

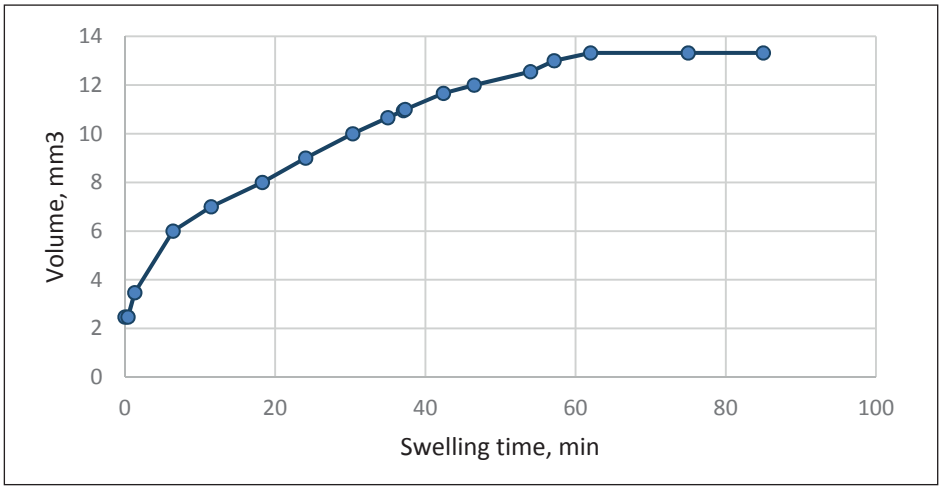


Fig.8. **Dynamics of swelling of superabsorbent based on anionic polyacrylamide**

of a system of artificial cracks in a sample of cement stone, the water was passed through thus enabling the additive of superabsorbent to swell, filling the entire cavity by the increased volume, and completely blocking the water passing channels.

After conducting a comparative analysis of the water carrying capacity of two samples of cement stone, one of which is made of neat cement, and the other with the addition of superabsorbent when filtering fluid through a system of artificial cracks, it was revealed that at steady state filtration of water, the amount of incoming liquid was equal to the amount of liquid filtered through the cement stone having no additives. With a similar regime of water filtration through the sample with modifying additives, after 5 hours from the moment of the beginning of the water passing through the stone, the process slowed down, after 6 hours the filtration of water completely stopped.

CONCLUSIONS

1. A number of reagents combined into a group were considered and analyzed according to two criteria: an increase of the additive in the volume due to the water-absorbing mechanism, and the subsequent isolation of water influx by blocking the conducting channels due to a multiple increase in the volume of the modifying additive.
2. The additives do not affect the technological properties of cement slurry and cement stone. The density and size of the additive's particles are commensurate with the particles of cement powder, after being integrated into the cement system are chemically inert to it. Activation of additives results from prolonged and periodic contact with the trigger that is formation water, when triggered providing selective isolation of water conducting channels.
3. Application of the process of mechanical activation to increase the rate of modifiers hydration, while controlling the speed of their swelling is achieved by coating the water-absorbing agents in multilayer shells.
4. Modifying additive of cross-linked copolymer AA sustains the repeatability of the activation, environmentally safe, affordable and easy to manufacture.
5. A comparison of the modifying additives effects on the technological properties of the cement slurry and the resulting cement stone defined the preferability of cross-linked AA copolymer.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методика экспериментальных исследований

Физико-механические свойства модифицирующих добавок, раствора и цементного камня из модифицированного цемента определялись при водоцементном отношении 0,5 на стандартных приборах согласно ГОСТ 1581-96 и ГОСТ 310.1.96. Гранулометрический состав компонентов определялся стандартным методом ситового анализа.

Оценка кинетики набухания проводилась на приборе ПКН-2. Степень набухания образца определялась по ее массовому выражению, %:

$$M = (m - m_0)/m_0 \cdot 100,$$

где m – вес набухшего полимера;
m_0 – исходный вес полимера.

Проницаемость цементного камня определялась на приборе OFITE MODEL 90 Cement Permeameter.

Предел прочности цементного камня на изгиб и сжатие определялся в возрасте 2-х суток на машине прочности МАТЕСТ.

Поскольку скорость водопоглощения измельченных модифицирующих добавок значительно увеличивается [27], что связано с феноменом механоактивации – приобретением высокой реологической активности при деформации микродефектов, концентрирующих на себе напряжения, для повышения эффективности модифицирующих добавок, они подвергались дополнительному помолу в лабораторном дезинтеграторе при скоростях соударения 150 м/с.

Результаты экспериментальных исследований

Для проверки принципиальной возможности применения *полиакриламида* (ПАА) в качестве водонабухающего компонента добавки были изготовлены образцы модифицирующих добавок, в которых ядро представлено ПАА, а оболочка – кремнийорганическим полимером.

Оценка кинетики набухания (рис. 1), показала, что добавка начала набухать через 2 часа и далее продолжала в течение 7 часов при максимальном увеличении объема до 150%, по сравнению с исходным объемом добавки.

При определении проницаемости образцов «самозалечивающегося» цемента с 1% добавкой при В/Ц = 0,5 образец с модифицирующей добавкой на основе ПАА получил сквозные дефекты и развалился на части.

При тестировании образца на изгиб в возрасте 2-х суток результаты не превысили 3,3 МПа. На рис. 2 представлен снимок образца, на сломе которого визуализируются гелеобразные волокна ПАА, весь образец покрыт слизью, при этом камень обладает неоднородной структурой, замечены средних размеров полости.

Кроме того, из-за размеров порошка ПАА и невозможности его гранулирования возникли сложности при оболачивании ПАА. При этом активное водопоглощение ПАА требует многослойной оболочки.

Испытания *водонабухающего полимера* (ВНП) показали, что степень набухания за первые десять часов достигает 144% от первоначального объема, за первые сутки – 174% и за 4 суток – 321%, после этого наступает фаза стабилизации (рис. 3).

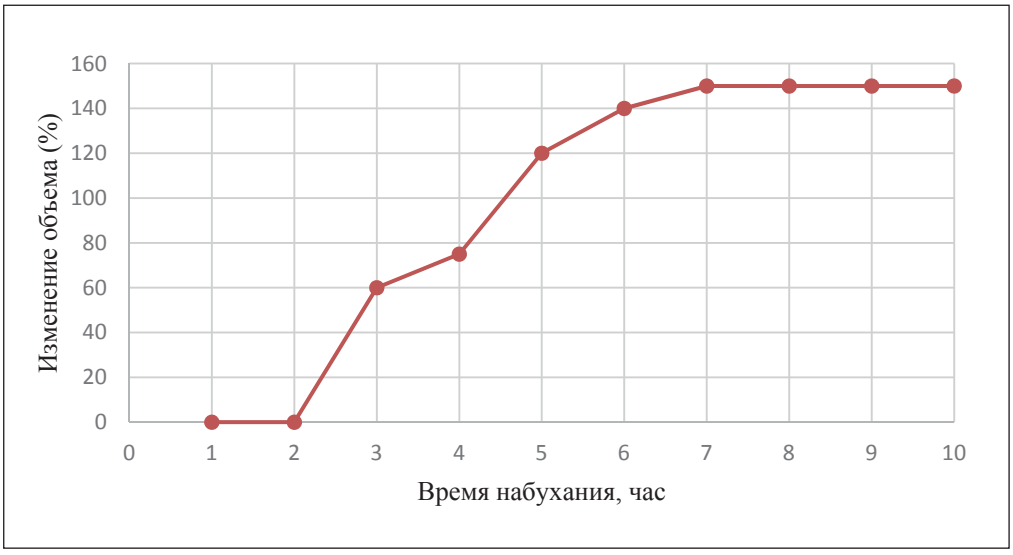


Рис.1. **Динамика набухания ПАА**

Рис. 2. **Образцы камня с добавкой ПАА (1%) после испытания на изгиб**

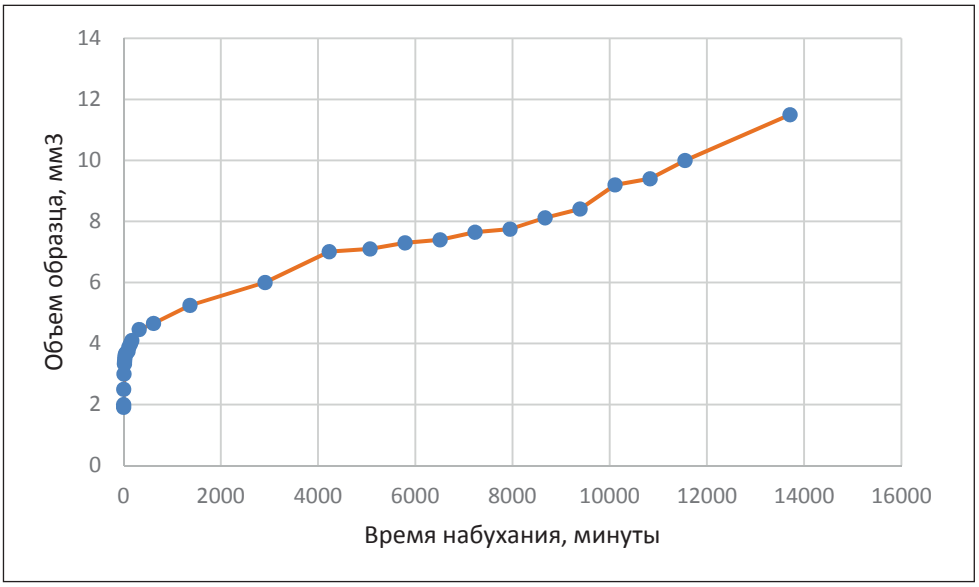


Рис. 3. **Динамика набухания ВНП**

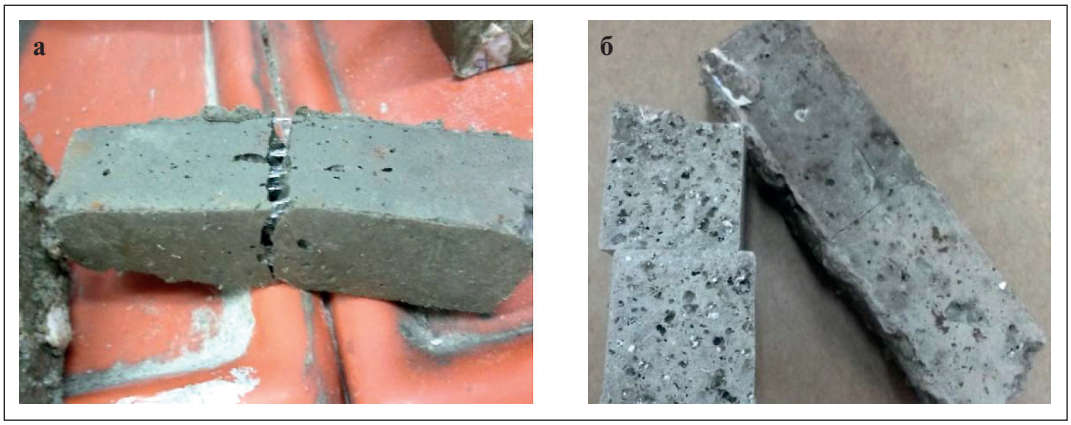


Рис. 4. **Образцы с добавкой ВНП (1%):**
а) 2-е суток в воде; б) 5 суток на воздухе

Образцы, изготовленные из цемента, модифицированного добавкой ВНП (1%), показали проницаемость, равную 0,002 мкм^2.

Прочность образцов в возрасте 2-х суток в воде и 5-ти суток на воздухе составила 7,4 МПа. На рис. 4 видно, что при наложении изгибающей нагрузки образец сломался не до конца, при этом на трещине визуализируются гелевидные волокна (рис. 4а). После 5 суток воздушного твердения волокна высохли, и трещина стянулась (рис. 4б).

Недостатком данного материала также явилась сложность при создании оболочки на ВНП. Эксперимент по грануляции ВНП с получением оболочки из полисульфида кальция показал, что он ложится неоднородно и вызывает комкование ВНП, гранулы которого быстро твердеют. Вторая, кремнийорганическая оболочка, ложится на ВНП равномерно, разрыхляя частички ВНП в оболочке полисульфида кальция. В случае повреждения такой оболочки и появления уязвимых участков на этапе затворения цемента, даже при добавлении пластификатора, быстро теряется подвижность раствора.

Набухание *полиакрилата натрия* (ПАН) проходит в течение 13 часов, с увеличением объема до 175% (рис. 5).

Цементный камень, изготовленный из цемента, модифицированного добавкой ПАН (1%), показал проницаемость, равную 0,0012 мкм^2, что в несколько раз меньше проницаемости камня с добавкой ВНП и в десятки раз меньше проницаемости цементного камня без добавок.

Прочность образцов на изгиб в возрасте 2-х суток в воде и 5-ти суток на воздухе составила 9,9 МПа. Добавка ПАН хорошо интегрировалась в цементный раствор и мало заметна на срезе образца цементного камня (рис. 6).

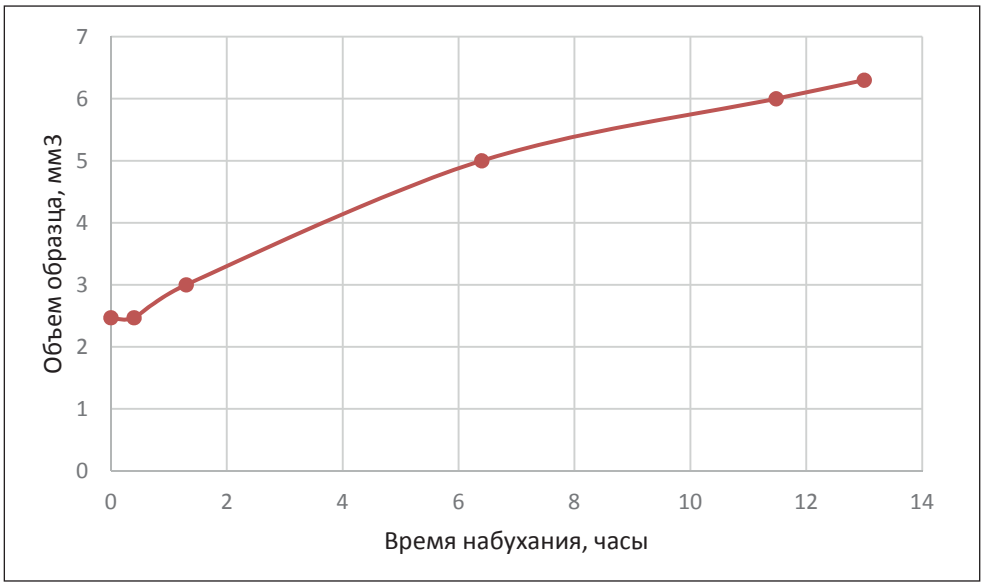


Рис. 5. **Динамика набухания ПАН**

Рис. 6. **Образцы с добавкой ПАН (1%)**

Недостатком данного материала явилась сложность при оболачивании ПАН.

Гидроизолирующие минеральные добавки были представлены микрокремнеземом. Видимого набухания микрокремнезема не произошло, однако проницаемость образца цементного камня составила 0,001 мкм^2, а прочность на изгиб в возрасте 2-х суток – 8,4 МПа. Эти результаты объясняются изменением структуры камня при трансформации $Ca(OH)_2$ в гидросиликаты кальция за счет введенного микрокремнезема.

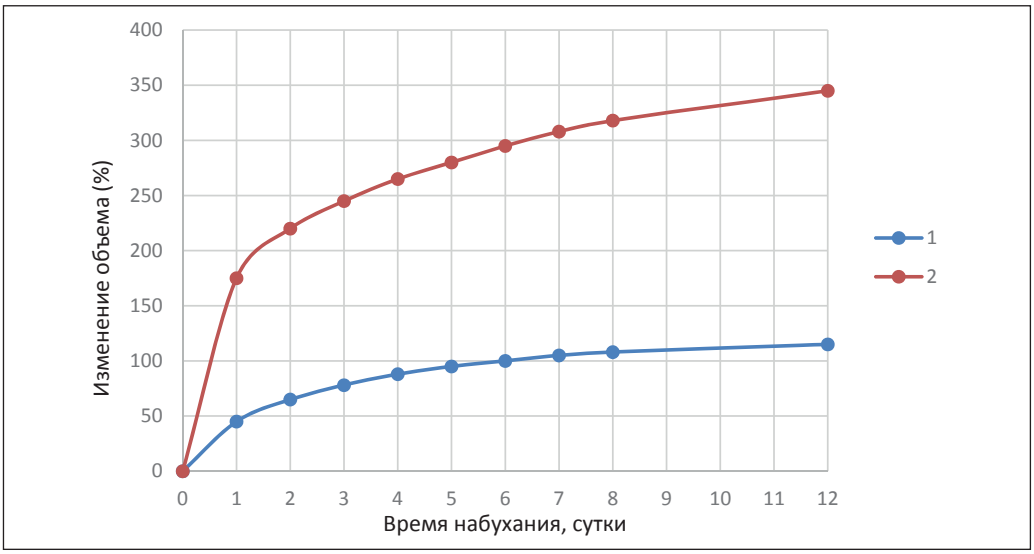


Рис. 7-1. **Динамика набухания образцов резиновых смесей, отличающихся концентрацией модификаторов водопоглощения в пластовой воде с минерализацией 5% при 90°С**

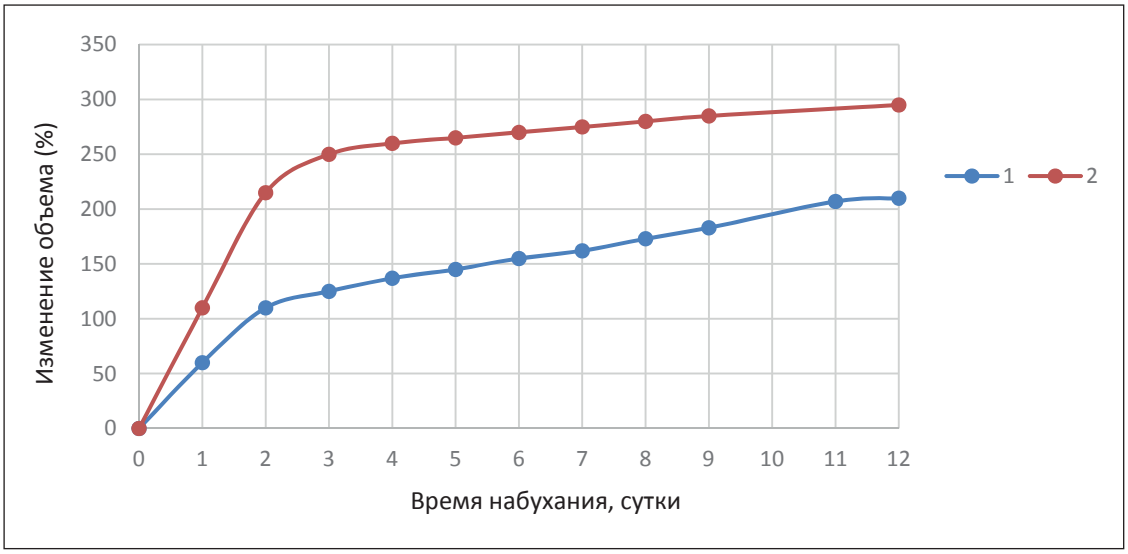


Рис.7-2. **Динамика набухания образцов резиновой смеси в пластовой воде с минерализацией 25%:** 1 – при 22°С; 2 – при 90°С

Недостатками данного материала явились небольшое набухание и сложности при его оболачивании в связи с наноразмерами. Кроме того, необходимо регламентировать присутствие ГМД, так как не должно происходить полного связывания $Ca(OH)_2$ и нарушения условий пассивации обсадной колонны.

Водонабухающие эластомеры (резиновые смеси) показали, что величина их объемного набухания в водной среде может варьироваться: для пресной воды – до 850%, для пластовой воды – до 200%. Температурный диапазон применения эластомеров – от –30 до +100°С (рис. 7).

Образцы с добавкой резиновой смеси показали проницаемость, равную 0,0014 мкм^2, и прочность на изгиб в возрасте 2-х суток – 7,4 МПа.

Главными недостатками водонабухающих эластомеров (резиновых смесей) явились слабая адгезия с цементным камнем и сравнительно небольшая степень набухания.

На рис. 8 представлена динамика набухания *сшитого сополимера АА*, суперабсорбента, который

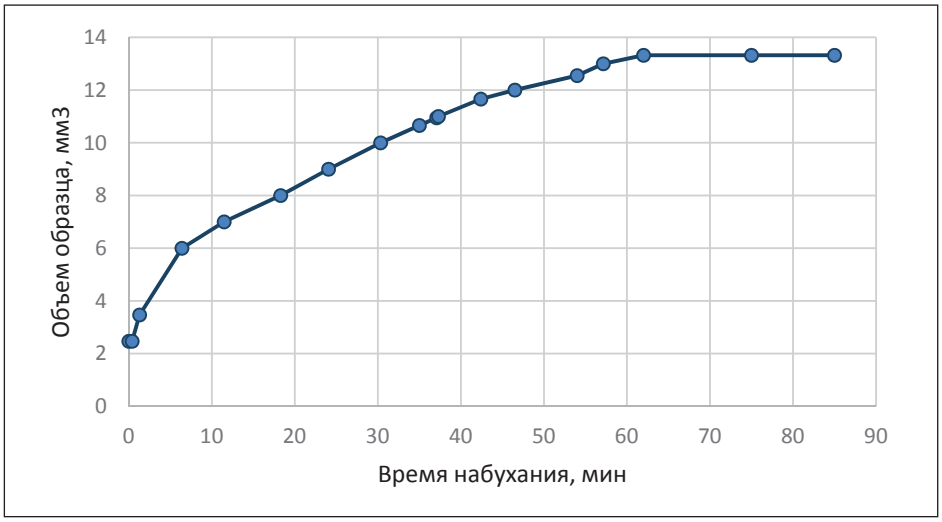


Рис. 8. **Динамика набухания суперабсорбента на основе анионного поликриламида**

абсорбирует большую часть влаги в течение часа. Замечено, что чем меньше размер гранул суперабсорбента, тем больше скорость и объем адсорбции.

Образцы с добавкой сшитого сополимера АА (1%) показали проницаемость, равную 0,0018 мкм^2, а предел прочности на изгиб в возрасте 2-х суток составил 8,0 МПа.

Образцы суперабсорбента легко покрываются водорастворимым полимерным комплексом, который способен выдержать растворение в течение 6 часов, и не вызывают сложностей при его интеграции в цементную систему, так как плотность и размер частиц соразмерны частицам цементного порошка. На натурном эксперименте с получением системы искусственных трещин при поступлении пластовой воды добавка суперабсорбента начала набухать, заполнив весь объем полости, полностью заблокировав водопроводящие каналы.

Проведя сравнительный анализ водопропускной способности двух образцов цементного камня, один из которых выполнен из бездобавочного цемента, а другой – с добавкой суперабсорбента при фильтрации жидкости через систему искусственных трещин, было замечено, что при установившемся режиме фильтрации количество входящей жидкости было равно количеству жидкости, профильтрованной через цементный камень, не содержащий добавки. При аналогичном режиме фильтрации воды через образец с модифицирующей добавкой по истечении 5 часов с момента начала пропускания воды процесс замедлился, через 6 часов фильтрация воды полностью прекратилась.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрен и проанализирован ряд реагентов, объединенных в общую группу по двум признакам: увеличение добавки в объеме за счет водопоглотительного механизма и последующая изоляция водопритока блокированием проводящих каналов в результате кратного увеличения объема модифицирующей добавки.
2. Отсутствие влияния модифицирующей добавки на технологические свойства тампонажного раствора и цементного камня. Плотность и вес частиц добавки соразмерны частицам цементного порошка, после интеграции в цементную систему химически инертны к ней. Активация добавок происходит в результате длительного и периодического контакта с триггером, которым является пластовая вода, обеспечивая селективную изоляцию водопроводящих каналов.
3. Применение технологического приема механоактивации для увеличения скорости гидратации модифицирующих добавок и регулирование скорости их набухания достигается покрытием водопоглощающего реагента в многослойные оболочки.
4. Модифицирующая добавка из сшитого сополимера АА обладает многократностью действия, экологически безопасна, доступна и несложна в изготовлении.
5. Сравнение действий модифицирующих добавок на технологические свойства цементного раствора и получаемого цементного камня показало преимущества сшитого сополимера АА.

Список литературы к частям 1 и 2 статьи Агзамова Ф.А., Исмагиловой Э.Р. «Самозалечивающиеся цементы – ключ к сохранению герметичности крепи скважин» включен в часть 1.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Farit A. Agzamov, Doctor of science, Professor of the Department «Oil and Gas Well Drilling», Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov st. 1, Ufa, Russia, 450062, faritag@yandex.ru;

Elvira R. Ismagilova, MSc (UK, University of Salford)), PhD student of Professor of the Department «Oil and Gas Well Drilling», Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov st. 1, Ufa, Russia, 450062, yusupova_elvira@mail.ru

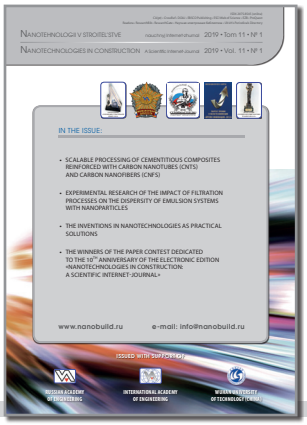
ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агзамов Фарит Акрамович, д.т.н., проф., профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «УГНТУ»; ул. Космонавтов 1, г. Уфа, Россия, 450062, faritag@yandex.ru;

Исмагилова Эльвира Римовна, магистр нефтегазового дела (Великобритания, Университет Сэлфорда), аспирант кафедры «Бурения нефтяных и газовых скважин» ФГБОУ ВО «УГНТУ»; ул. Космонавтов 1, г. Уфа, Россия, 450062, yusupova_elvira@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ e-mail: faritag@yandex.ru

Content of the issues for 2019



1 № 1/2019

IN THE ISSUE 1

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 6

TO THE AUTHORS AND READERS

The winners of the paper contest dedicated to the 10th anniversary of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» 14

APPLICATION OF CARBON NANOTUBES AND NANOFIBERS IN CONCRETE

UDC 691

Danoglidis P.A., Falara M.G., Maglogianni M., Konsta-Gdoutos M.S.
Scalable processing of cementitious composites reinforced with carbon nanotubes (CNTs) and carbon nanofibers (CNFs) 20

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-20-27

INTERNATIONAL CONFERENCES AND SEMINARS

International seminar on sustainability, economics and safety (ISSES 2019) (11–12 april 2019, Szczecin Ostoja, Poland) 28

The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» was rewarded with Diploma for information support of the exhibition «Construction and Architecture – 2019» (Russia, Krasnoyarsk, 22–25 January 2019) 30

RESEARCH RESULTS OF THE LEADING SCIENTISTS
UDC 622.276.64
Sergeev V.V., Russkikh K.G., Zeigman Y.V., Yakubov R.N. **Experimental research of the impact of filtration processes on the dispersity of emulsion systems with nanoparticles** 31
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-31-41

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION
Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 42

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS
UDC 678
Maskova A.R., Aminova G.K., Rolnik L.Z., Faizullina G.F., Mazitova A.K. **Oxyalkylated alcohols phthalates** 52
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-52-71

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 72

STRUCTURING OF CHEMICALS ELEMENTS
UDC 54.01
Gusev B.V., Speransky A.A. **Patterns of the block approach for structure analysis of chemical elements and issues in materials science** 76
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-76-88

INTERNATIONAL BOOK REVIEW
The monograph «Surface Nanostructuring» has been released 89

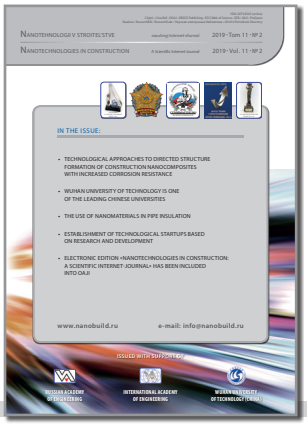
INVENTION REVIEW
UDC 608; 69.001.5
Ivanov LA., Borisova O.N., Muminova S.R. **The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part I** 91
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101

INTERNATIONAL PRIZE
About the international Tang Prize 102

RATIONAL USE OF NATURAL SOURCES
UDC 628.316.12
Araslanova L.Kh., Salmanova E.R., Solovyeva E.A., Larkina A.A., Tuktarova I.O., Nazarov A.M. **Research of effectiveness of natural and modified sorbents for wastewater treatment based on mica quartzite treatment waste** 106
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-106-116

RUSNANO PROJECTS
Composite materials «NCC» have been used to repair aerotanks «Yaroslavsky broiler» 117

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL
General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 120



2 № 2/2019

IN THE ISSUE 138

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 143

TO THE AUTHORS AND READERS

Electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included into full-text data base of journals from Open Academic Journals Index (OAJI) 151

SYSTEM SOLUTIONS FOR TECHNOLOGICAL PROBLEMS

UDC 691.5

Sinitsin D.A., Khalikov R.M., Bulatov B.G., Galitskov K.S., Nedoseko I.V.
Technological approaches to directed structure formation of construction nanocomposites with increased corrosion resistance 153

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-153-164

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 165

INVENTION REVIEW

UDC 608; 69.001.5

Ivanov LA., Demenev A.V., Muminova S.R.
The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part II 175

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185

INTERNATIONAL CONFERENCES AND SEMINARS

Forum SEMIEXPO Russia 2019 (Moscow, Russia, 14–15 May 2019) 186

International seminar on sustainability, economics and safety (ISSES 2019) (11–12 april 2019, Szczecin Ostoja, Poland) 187

Electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been awarded with Diploma for information support of the International Seminar on Sustainability, Economics and Safety ISSES 2019 (11–12 April 2019, Szczecin, Poland) 189

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 190

STUDY OF PROPERTIES OF NANOMATERIALS

UDC 622.69:536

Kiyamov I.K., Vachitova R.I., Saracheva D.A., Mazankina D.V., Sitdikova I. P.
The use of nanomaterials in pipe insulation 194

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-194-202

INTERNATIONAL PRIZE

About the international Tang Prize 203

ESTABLISHMENT OF TECHNOLOGICAL STARTUPS

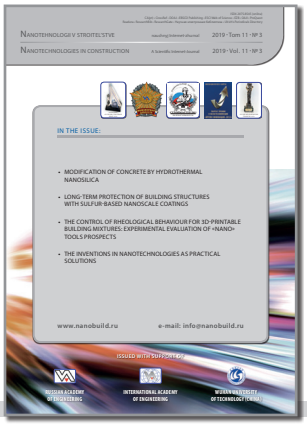
UDC 62-5

Ivanov L.A.
Establishment of technological startups based on research and development (interview with Polad Malkin, researcher and developer Ph.D., professor, serial technology entrepreneur, CEO of «StartUpLab») 207

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-207-216

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 217



3 № 3/2019

IN THE ISSUE 235

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 240

RESEARCH RESULTS OF THE LEADING SCIENTISTS

UDC 544.23:691.26-022.532

Potapov V.V., Efimenko Y.V., Gorev D.S.
Modification of concrete by hydrothermal nanosilica 248

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-248-265

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 266

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS

UDC 691:620.197

Massalimov I.A., Chuykin A.E., Massalimov B.I., Akhmetshin B. S., Urakaev F.H., Burkitbaev M.M., Mustafin A.G.
Long-term protection of building structures with sulfur-based nanoscale coatings 276

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-276-287

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 288

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

UDC 608; 69.001.5

Ivanov LA., Prokopiev P.S.

The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part III 292

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303

INTERNATIONAL PRIZE

About the international Tang Prize 304

CONCRETE AND MORTARS MODIFIED BY NANOSIZE ADDITIVES

UDC 622.24(07)

Agzamov F.A., Tokunova E.F., Sabirzianov R.R.

The application of calcium polysulfide to increase corrosion resistance of the timbering of wells 308

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-308-324

STUDY OF PROPERTIES OF NANOMATERIALS

UDC 666.9.03

Slavcheva G.S., Artamonova O.V.

The control of rheological behaviour for 3D-printable building mixtures: experimental evaluation of «nano» tools prospects 325

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-325-334

NANOTECHNOLOGIES IN POWER ENGINEERING

UDC 614.841

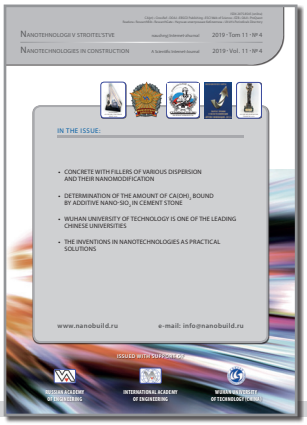
Baikov I.R. , Smorodova O.V. , Kitaev S. V., Kuznetsova E.V. , Gizatullina D.T.

Modeling of oil reservoirs heat losses by nanodimensional cellular automata 335

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-335-350

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 351



4 № 4/2019

IN THE ISSUE 369

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 374

TO THE AUTHORS AND READERS

Electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in the List of editions of the Ministry of Science and Higher Education of Poland, in which the main results of doctorates' and bachelors' researches must be published 382

CEMENT SYSTEM NANOSTRUCTURING

UDC 691

Gusev B.V.

Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification 384

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393

SOLUTION FOR ECOLOGICAL PROBLEMS

UDC 628.349

Mazitova A.K., Sukhareva I.A., Aminova A.F., Yagafarova G.G., Savicheva Y.N.

Ozonation of woodworking enterprises using a heterogeneous nanocatalyst 394

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 405

RESEARCH RESULTS OF THE LEADING SCIENTISTS

UDC 544.23:691.26-022.532

Potapov V.V., Efimenko Y.V., Gorev D.S.

Determination of the amount of $Ca(OH)_2$ bound by additive nano-SiO_2 in cement matrices 415

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 433

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

UDC 678

Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Buylova E.A., Distanov R.Sh.

Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters 437

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

UDC 608; 69.001.5

Ivanov LA., Prokopiev P.S.

The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part IV 447

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457

INTERNATIONAL PRIZE

About the international Tang Prize 458

POWER ENGINEERING NANOTECHNOLOGIES

UDC 614.841

Baikov I.R., Smorodova O.V., Trofimov A.Yu., Kuznetcova E.V.

Experimental study of heat-insulating aerogel-based nanomaterials 462

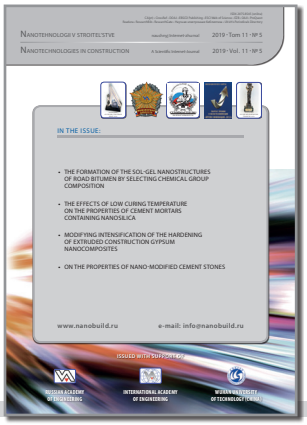
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477

INTERNATIONAL FORUMS, CONFERENCES, SEMINARS

VIth Moscow international financial and economic forum «The Eurasian Economic Union and the EU: search for new formats of cooperation» (Moscow, Russia, November 22, 2019) 478

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 480



5 № 5/2019

IN THE ISSUE 499

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 504

RESEARCH RESULTS OF THE LEADING SCIENTISTS

UDC 665.775

Evdokimova N. G., Egorova N. A., Sultanova D. P., Kunakkulova E. M., Serezhkina N. G.

The formation of the sol-gel nanostructures of road bitumen by selecting chemical group composition 512

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-512-525

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 526

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS

UDC 69.001.5

Katarzyna S., Rucińska T.

The effects of low curing temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica 536

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 545

THE ELABORATION OF THE THEORY OF THE FORMATION STRENGTH AND IMPERMEABILITY OF NANOSTRUCTURED SYSTEMS

UDC 666.914: 691.5

Khalikov R.M., Sinitsina E.A., Silantyeva E.I., Pudovkin A.N., Nedoseko I.V.

Modifying intensification of the hardening of extruded construction gypsum nanocomposites 549

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-549-560

INTERNATIONAL PRIZE

About the international Tang Prize 561

STUDY OF PROPERTIES OF NANOMATERIALS

UDC 691

Vakhitova R.I., Saracheva D.A., Mazankina D.V., Kiyamov I.K., Sabitov L.S.

On the properties of nano-modified cement stones 565

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-565-576

CEMENT AND OTHER BINDERS WITH MINERAL AND ORGANIC ADDITIVES

UDC 622.245

Agzamov F.A., Ismagilova E.R.

Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 1 577

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-577-586

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 587

6 №6 /2019

IN THE ISSUE 606

Happy New Year 2020! 607

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience; International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher; Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving; Journal production schedule 613

TO THE AUTHORS AND READERS

Electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» is a laureate of Prize of Printing Pioneer Ivan Feyodorov 621

INTERNATIONAL EXPERIENCE

UDC 69.001.5+ 696.1+666.647

Kudryavtsev P.G.

Properties of porous heat-resistant composition materials. Part I 623

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 640

PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

UDC: 697.97+614.844: 614.838

Belozerov V.V.

«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions 650

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal» 667

RESEARCH OF NANOMATERIALS PROPERTIES

UDC 622.692

Baikov I.R., Smorodova O.V., Baibakov V.R.
Modeling flexibility of nanocomposite pipelines 671

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

UDC 547.311+544.7+544.23+541.128

Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Nizamov R.K.
Nanomodification of epoxy binders 686

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695

UDC 678

Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Zaripov I.I., Mazitov R.M., Kanarekin V.I.
Development of a new PVC composition with reduced flammability 696

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705

LAUREATES OF THE INTERNATIONAL AND ALL-RUSSIAN PRIZES

Results of the Prize of printing pioneer Ivan Feyodorov for the best research and methodical works (monograph, coursebook, encyclopedia and journal) in 2019 706

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

UDC 608; 69.001.5

Ivanov LA., Razumeev K.E., Bokova E.S., Muminova S.R.
The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V 719

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729

CEMENT AND OTHER BINDERS WITH MINERAL AND ORGANIC ADDITIVES

UDC 622.245

Agzamov F.A., Ismagilova E.R.
Self-healing cements – the key to maintaining the integrity of cement sheath. Part 2 730

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742

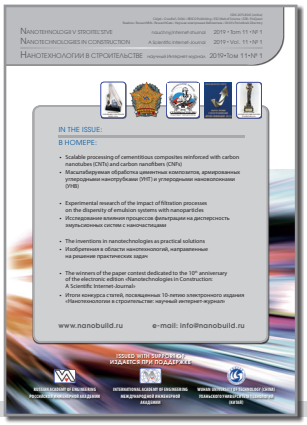
CONTENT OF THE ISSUES PUBLISHED IN 2019 743

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE. ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format. The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal 767

CALENDAR FOR 2020 786

Содержание журналов, вышедших в свет в 2019 г.



1 № 1/2019

В НОМЕРЕ 1

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 6

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Итоги конкурса статей, посвященных 10-летию электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» 14

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И НАНОВОЛОКОН

УДК 691

Даноглидис П.А., Фалара М.Г., Маглогианни М., Мария С. Конста-Гдутос
Масштабируемая обработка цементных композитов, армированных углеродными нанотрубками (УНТ) и углеродными нановолокнами (УНВ) 20

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-20-27

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

Международный семинар «Безопасность и устойчивость в гражданском строительстве и нанотехнологиях» (11–12 апреля 2019 года, Щецин, Польша) 28

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» награждено Дипломом за информационную поддержку выставки «Строительство и архитектура – 2019» (Россия, Красноярск, 22–25 января 2019 года) 30

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ
УДК 622.276.64
Сергеев В.В., Русских К.Г., Зейгман Ю.В., Якубов Р.Н. **Исследование влияния процессов фильтрации на дисперсность эмульсионных систем с наночастицами** 31
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-31-41

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 42

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
УДК 678
Маскова А.Р., Аминова Г.К., Рольник Л.З., Файзуллина Г.Ф., Мазитова А.К. **Фталаты оксиалкилированных спиртов** 52
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-52-71

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 72

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
УДК 54.01
Гусев Б.В., Сперанский А.А. **Закономерности блочного подхода для анализа структуры химических элементов и проблемы материаловедения** 76
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-76-88

МЕЖДУНАРОДНОЕ КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ
Вышла в свет монография «Наноструктурирование поверхностей» 89

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ
УДК 608; 69.001.5
Иванов Л.А., Борисова О.Н., Муминова С.Р. **Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть I** 91
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101

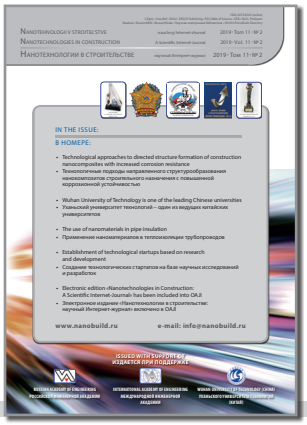
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРЕМИИ
О международной премии Тан 102

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
УДК 628.316.12
Арасланова Л.Х., Сальманова Э., Соловьева Е.А., Ларькина А.А., Туктарова И.О., Назаров А.М. **Исследование эффективности природных и модифицированных сорбентов для очистки сточных вод на основе отходов обработки слюдистых кварцитов** 106
DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-106-116

ПРОЕКТЫ РОСНАНО
Композитные материалы «НЦК» использованы для ремонта аэротенков «Ярославского бройлера» 117

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.
Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 120

CONTENT OF THE ISSUES FOR 2019 • СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛОВ, ВЫШЕДШИХ В СВЕТ В 2019 г.



2 № 2/2019

В НОМЕРЕ 138

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 143

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» включено в полнотекстовую базу данных научных журналов открытого доступа Open Academic Journals Index (OAJI) 151

СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

УДК 691.5

Синицин Д.А., Халиков Р.М., Булатов Б.Г., Галицков К.С., Недосеко И.В.
Технологичные подходы направленного структурообразования нанокомпозитов строительного назначения с повышенной коррозионной устойчивостью 153

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-153-164

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 165

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ

УДК 608; 69.001.5

Иванов Л.А., Деменев А.В., Муминова С.Р. **Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть II** 175

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185

МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

Форум SEMIEXPO Russia 2019 (г. Москва, Россия, 14–15 мая 2019 года) 186

Международный семинар «Безопасность и устойчивость в гражданском строительстве и нанотехнологиях» (11–12 апреля 2019 года, Щецин, Польша) 187

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» награждено Дипломом за информационную поддержку Международного семинара по устойчивому развитию, экономике и безопасности ISSES 2019 (11–12 апреля 2019 года, Щецин, Польша) 189

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 190

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 622.69:536

Киямов И.К., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Мазанкина Д.В., Ситдикова И.П.
Применение наноматериалов в теплоизоляции трубопроводов 194

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-194-202

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРЕМИИ

О международной премии Тан 203

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ

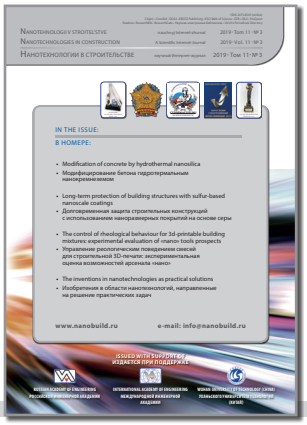
УДК 62-5

Иванов Л.А.
Создание технологических стартапов на базе научных исследований и разработок (интервью с исследователем и разработчиком, доктором физико-математических наук, профессором, серийным технологическим предпринимателем, генеральным директором «StartUpLab» Малкиным Поладом) 207

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-207-216

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 217



3 № 3/2019

В НОМЕРЕ 235

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 240

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ

УДК 544.23:691.26-022.532

Потапов В.В., Ефименко Ю.В., Горев Д.С.
Модифицирование бетона гидротермальным нанокремнеземом 248

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-248-265

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 266

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 691:620.197

Массалимов И.А., Чуйкин А.Е., Масалимов Б.И., Ахметшин Б.С., Уракаев Ф.Х., Буркитбаев М.М., Мустафин А.Г.
Долговременная защита строительных конструкций с использованием наноразмерных покрытий на основе серы 276

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-276-287

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 288

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 608; 69.001.5

Иванов Л.А., Прокопьев П.С.

Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть III 292

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРЕМИИ

О международной премии Тан 304

БЕТОНЫ И РАСТВОРЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ

УДК 622.24(07)

Агзамов Ф.А., Токунова Э.Ф., Сабирзянов Р.Р.

Применение полисульфида кальция для повышения коррозионной стойкости крепи скважин 308

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-308-324

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 666.9.03

Славчева Г.С., Артамонова О.В.

Управление реологическим поведением смесей для строительной 3D-печати: экспериментальная оценка возможностей арсенала «нано» 325

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-325-334

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 614.841

Байков И.Р., Смородова О.В., Китаев С.В., Кузнецова Е.В., Гизатуллина Д.Т.

Моделирование теплопотерь нефтяных резервуаров методом наноразмерных клеточных автоматов 335

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-335-350

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 351

4 № 4/2019

В НОМЕРЕ 369

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 374

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено в Перечень изданий Министерства науки и высшего образования Польши, в которых должны быть опубликованы основные результаты исследований докторантов и абитуриентов 382

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

УДК 691

Гусев Б.В.

Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация 384

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

УДК 628.349

Мазитова А.К., Сухарева И.А., Аминова А. Ф., Ягафарова Г.Г., Савичева Ю.Н.

Озонирование сточных вод предприятий деревообрабатывающей промышленности с применением гетерогенного катализатора с наносвойствами 394

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 405

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ

УДК 544.23:691.26-022.532

Потапов В.В., Ефименко Ю.В., Горев Д.С.

Определение количества $Ca(OH)_2$ связанного добавкой нано-SiO_2 в цементном камне 415

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 433

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 678

Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Аминова Г.К., Тимофеев А.А., Буйлова Е.А., Дистанов Р.Ш.

Исследование влияния количества добавок на свойства эфиров адипиновой кислоты 437

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 608; 69.001.5

Иванов Л.А., Прокопьев П.С.

Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть IV 447

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРЕМИИ

О международной премии Тан 458

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 614.841

Байков И.Р., Смородова О.В., Трофимов А.Ю., Кузнецова Е.В.

Экспериментальное исследование теплоизоляционных наноматериалов на основе аэрогелей 462

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477

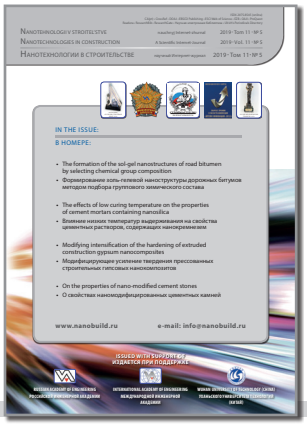
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ФОРУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

VI-й Московский международный финансово-экономический форум «ЕАЭС и ЕС: поиск новых форматов сотрудничества» (г. Москва, Россия, 22 ноября 2019 года) 478

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 480

CONTENT OF THE ISSUES FOR 2019 • СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛОВ, ВЫШЕДШИХ В СВЕТ В 2019 г.



5 № 5/2019

В НОМЕРЕ 499

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 504

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ

УДК 665.775

Евдокимова Н.Г., Егорова Н.А., Султанова Д.П., Кунаккулова Э.М., Сережкина Н.Г.

Формирование золь-гелевой наноструктуры дорожных битумов методом подбора группового химического состава 512

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-512-525

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 526

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 69.001.5

Скочилас К., Ручинска Т.

Влияние низких температур выдерживания на свойства цементных растворов, содержащих нанокремнезем 536

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 545

РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И НЕПРОНИЦАЕМОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 666.914: 691.5

Халиков Р.М., Синицина Е.А., Силантьева Е.И., Пудовкин А.Н., Недосеко И.В.

Модифицирующее усиление твердения прессованных строительных гипсовых нанокомпозитов 549

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-549-560

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРЕМИИ

О международной премии Тан 561

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 691

Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Мазанкина Д.В., Киямов И.К., Сабитов Л.С.

О свойствах наномодифицированных цементных камней 565

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-565-576

ЦЕМЕНТНЫЕ И ДРУГИЕ ВЯЖУЩИЕ С МИНЕРАЛЬНЫМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

УДК 622.245

Агзамов Ф.А., Исмагилова Э.Р.

Самозалечивающиеся цементы – ключ к сохранению герметичности крепи скважин. Часть 1 577

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-577-586

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 587

CONTENT OF THE ISSUES FOR 2019 • СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛОВ, ВЫШЕДШИХ В СВЕТ В 2019 г.

6 № 6/2019

В НОМЕРЕ 606

С Новым, 2020 годом! 607

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория; международный редакционный совет; международная редакционная коллегия; редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные; минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию; архивирование; график издания 613

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал» – лауреат конкурса имени русского первопечатника Ивана Фёдорова 621

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

УДК 69.001.5+ 696.1+666.647

Кудрявцев П.Г. **Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть 1** 623

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-623-639

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 640

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК: 697.97+614.844: 614.838

Белозеров В.В. **«Интеллектуальная» система вентиляции и кондиционирования воздуха в квартирах многоэтажных зданий и в индивидуальных жилых домах с нанотехнологиями защиты от пожаров и взрывов** 650

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 667

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОМАТЕРИАЛОВ

УДК 622.692

Байков И.Р., Смородова О.В., Байбаков В.Р.
Моделирование гибкости нанокомпозитных трубопроводов 671

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-671-685

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 547.311+544.7+544.23+541.128

Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Низамов Р.К.
Наномодификация эпоксидных связующих 686

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-686-695

УДК 678

Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Зарипов И.И., Мазитов Р.М., Канарейкин В.И.
Разработка новой ПВХ-композиции с пониженной горючестью 696

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-696-705

ЛАУРЕАТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ И ВСЕРОССИЙСКИХ КОНКУРСОВ

Итоги Конкурса им. русского первопечатника Ивана Федорова на лучшую публикацию по научно-исследовательской и научно-методической работам (монография, энциклопедия, учебник, учебное пособие, научный журнал) по результатам 2019 года 706

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 608; 69.001.5

Иванов Л.А., Разумеев К.Э., Бокова Е.С., Муминова С.Р. **Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть V** 719

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729

ЦЕМЕНТНЫЕ И ДРУГИЕ ВЯЖУЩИЕ С МИНЕРАЛЬНЫМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

УДК 622.245

Агзамов Ф.А., Исмагилова Э.Р.
Самозалечивающиеся цементы – ключ к сохранению герметичности крепи скважин. Часть 2 730

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-730-742

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРОВ ЖУРНАЛА, ВЫШЕДШИХ В 2019 ГОДУ 743

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯСЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION». ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА.

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 767

КАЛЕНДАРЬ НА 2020 ГОД 787

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE.

ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION».

DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL.

General statements

These are the principle ethical regulations which are observed by the editors of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»:

1. Editorial Council, Editorial Board and the editorial staff follow the politics aimed at observance of ethical publishing principles and admit that controlling observance of ethical publishing principles is one of the main tasks in reviewing and publishing activities.

2. No plagiarism is allowed. That concerns the case when the author submits published or unpublished paper by other authors under his name as well as the case when the author misappropriates one's ideas. If the author uses the fragments borrowed from other sources in his paper, he should make a reference to these sources. The examples of the references are given in the section «For the authors».

3. The editors publish the papers of the authors from all countries and of all nationalities who deal with the problem determined by the editorial policy.

4. The editors don't cooperate with the authors who have ever been caught in plagiarism in his papers submitted to the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» or other editions if this fact will be revealed.

5. The editors use software to reveal plagiarism related to the papers available in Internet.

6. The editors will be grateful to the readers for any information concerning revealed elements of plagiarism and breaking of ethical rules by the authors. This information will be published in the edition.

7. The editors undertake obligations not to publish papers appealing for terrorism and containing xenophobia and offences of other authors or citizenry.

8. At least three experts evaluate quality of the paper. External blind paper review is performed by two invited experts with corresponding specialty and Doctor degree. The editors send paper to the experts without author's information and the review form to fill. The papers are reviewed for free and voluntary. In case of positive external review the paper is sent to a member of Editorial Council or Editorial Board for further evaluation. The paper is recommended for publication in case of three positive review.

9. Among the requirements to be met by the reviewers there is plagiarism elements disclosure. The reviewers' duties are given in the section «For the reviewers».

10. Unreviewed papers or editorial materials are marked by proper references.

11. The journal allows authors to keep author's rights and their rights on publication without restrictions.

12. The authors of the materials published in the journal permit using their content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». This kind of license allows other people to distribute, edit, correct and base on the work of the authors, even with commercial purpose, while the authors mention them as co-authors. The license is recommended to distribute widely and use licensed materials. More details about the license Creative Commons CC-BY are available here http://creativecommons.ru/.

13. Declaration of the Open Access journal. The editors follow the politics of «open access» for the published materials. According to the Budapest Open Access Initiative (BOAI) the editors consider free access to the published materials in Internet and the right of each user to read, download, copy, distribute, print, search or link to the full

text papers, search with indexer robot, enter them as data in software or use them for other legal purpose without financial, law or technical obstacles excluding those that regulate access to the Internet itself. The only restriction for reproduction and distribution and the only condition of copyright in this area must be the author's right to control the entity of his work and obligatory links to his name when his work is used and cited.

Articles from the journal (article metadata) are available in open access:

- on the website of the electronic publication «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Online-Journal», link – http://nanobuild.ru/en_EN/archieve-of-issues/;
- in the full-text database of open-access scientific journals Open Academic Journals Index (OAJI), link – http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931;
- on the website of the scientific electronic library, link – http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1568760;
- in the database of scientific journals Directory of Open Access Journals (DOAJ), link – https://doaj.org/, next – the journal is searched «Nanotehnologii v Stroitel'stve»;
- in the database of scientific journals ResearchBib, link – http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2075-8545;
- on the Internet resource of scientists of all scientific disciplines ResearchGate, link – https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- in the international scientific base Readera – https://readera.ru/nanobuild;
- in other citation systems (databases).

That allows scientists and specialists all over the world to study journal's materials and to use them in their work as well as to cite them.

Every paper must contain the following information: place of work (university (institute), enterprise and other types of organizations, city, and country), position, academic degree, academic title, full postal address and email that allows scientists and specialists from different countries to contact authors.

Each paper is assigned UDC, DOI and metadata of the paper contains machine-readable information on CC-licenses (HTML-code), other identifiers of the materials.

14. The detailed information about publication ethics, the material reviewing procedure, license principles, declaration of Open Access journal, observance of author and joint rights to follow is presented in international standards, laws of the Russian Federation, professional codes, and guidelines. One of them is International standards of the Committe on Publication Ethics (COPE), licenses Creative Commons, Budapest Open Access Initiative, the guidelines for Elsevier's reviewers, Civil Code of Russian Federation (item IV), the law of RF «On mass media», the law of RF «On the advertisement», Code of the journalist professional ethics, Code of scientific publication ethics etc.

For the editor-in-chief

Decision on Paper Publication. The editor-in-chief of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» is responsible for making a decision which of submitted papers are to be published in the journal. This decision always must be based on the examination of paper reliability and its importance for scientists and readers. The editor-in-chief may be guided by methodical recommendation elaborated by the editorial council and the editorial board of the journal. He also may take into account legal requirements, such as exclusion of libel, infringement of copyright and plagiarism. When making decision on the publication, the editor-in-chief may consult with the members of editorial council, editorial board or reviewers.

Justice. The editor-in-chief evaluates submitted papers by the intellectual content, regardless of the race, sex, sexual preference, religion, ethnic origins, citizenship and political views of the author.

Confidentiality. The editor-in-chief, editorial staff, members of the editorial council must not disclose information on the submitted manuscript to the third person except for the author, reviewers, potential reviewers, the editorial council's consultants, and the publisher.

Disclosure and Conflict of Interests. The information contained in the submitted paper cannot be used in the paper of the editor-in-chief, members of the editorial council or editorial board without author's written permission. Confidential information or ideas obtained during review must be kept in secret and must not be used for self-profit.

The editor-in-chief should not review the paper if there is a conflict of the interests evolving from competition, cooperation or other relations with someone from the authors, companies and organizations which are related to the paper.

The editor-in-chief should ask all authors to present information on the certain competitive interests and publish corrections if the conflict of the interests has been revealed after the publication. If necessary another appropriate action such as publication of disproof or expression of a concern can be performed.

Examination of complaints of ethnic character. The editor-in-chief should take reasoned and prompt measures if he gets complaints of ethnic character in respect to the submitted manuscript or issued paper, contacting with the editors and publisher.

For the reviewers

Review of the paper (review) assists the editor-in-chief to take decisions on the publication of it, and the reviewers' criticism can help the author to improve his paper (review). The editors of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» appoint reviewers from the members of the editorial council, editorial board or engage outside experts. Review is aimed at evaluation of scientific importance and novelty of the submitted manuscript. The authors of the submitted manuscripts recognize expediency and necessity of the review. Having agreed to do review, the future reviewer undertakes the following obligations.

Promptness. The persons addressed by the members of the editorial staff through the editor-in-chief in respect to the review of scientific papers, have ethical obligations concerning the efficiency of review. If it is not possible to present the review within the given period, one must inform the editor-in-chief about that and new reviewer is appointed.

Confidentiality. Each manuscript submitted to the review is to be reviewed as a confidential document. It is not to be examined and discussed with the third persons, except for those appointed by the editor-in-chief.

Neutrality. The reviews must be done impartially. No personal accusations for the author are allowed. The reviewer should express his point of view in a clear and reasoned way.

The reference evaluation. The fact that there are no references in the manuscript should be marked and considered by the reviewer. If the manuscript partially of completely coincides with the publications known by the reviewer and the references to these publications are absent, that must be pointed out by the reviewer. The examples of the bibliographic references are given in the section «For the authors».

Plagiarism disclosure. In the case of suspicion of paper duplication or plagiarism the reviewer should point out this fact in his review.

Ethical rules. Confidential information and ideas of reviewed paper must not be disclosed. Materials of the reviewed paper must not be used for reviewer's self-profit. The reviewer follows the rule according to which he doesn't use ideas and statements obtained from the reviewed paper in his own work and publications without written permission of the author.

The reviewer should not review the paper if there is a conflict of the interests evolving from competition, cooperation or other relations with someone from the authors, companies and organizations which are related to the paper.

On request the editors may forward reviews to the Higher Certification Committee of the RF, as well as to the international citation systems (databases) to evaluate the quality of the papers and review procedure in general.

In particular, the editors confirm their permit to transfer and publish the following materials on website of Scientific electronic library eLIBRARY.RU together with License materials of the journal:

- texts of reviews for library's users;
- surnames and information on reviewers for library's users.

For the authors

1. The authors submit to the editors:

- electronic manuscript (by email info@nanobuild.ru) performed according to the paper format guidelines for text and graphical materials given in **Appendix 1**. The topics of published materials must correspond to the topics stated by the editors of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» in **Appendix 2**. The format of submitted papers must be done according to the structure given in **Appendix 3**.
- accompanying letter (the editors send the sample of the letter to the authors on demand).

The authors of the materials published in the journal permit using their content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution»; agree that each paper is assigned UDC, DOI and that metadata of the paper contains machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) and another identifiers of the materials; agree to publish full texts (parts or metadata) of the paper in free access in Internet at the official website of the edition (www.nanobuild.ru), Scientific electronic library eLIBRARY.RU, citation systems (data bases): ISSN, Russian Index of Scientific Citation, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, CA(pt), Compendex, Scopus, Web of Science, EBSCO Publishing, ResearchBib, CrossRef, ProQuest et al.

All that authors indicate in the cover letter. More details about the license Creative Commons CC-BY are available here http://creativecommons.ru/.

2. The paper should reflect the results of original research and its relation to the previous research performed by the author himself or other scientists. The relation to other research can be presented directly in the body of the paper as well as in the form of the references to the previous sources. If the author uses the material from other publications, the paper must contain the references to these materials. The references follow the body of the paper. The examples of the references are given in **Appendix 4**.

When writing a paper, one should follow the principles of professional ethics, be competent, objective and answerable.

3. The editors, the editorial council or the editorial board may ask the authors to present all firstprimary sources and materials relating to the submitted paper. Materials must be kept for 1 year after the paper has been published.

4. Every paper published in the journal is peer-reviewed to confirm its originality and correspondence to paper format guidelines. The use of other scientists' results and thoughts must be done in a proper form. No plagiarism is allowed. The authors must confirm the fact that the paper is published for the first time or they ask to publish it for the second time.

5. The information obtained in informal way, for example, in private discussion or correspondence, cannot be presented in the paper without written permission of the source of information. The information which source is a private activity, in particularly, reviewing of manuscripts or grant applications, cannot be used in the paper without written permission of the authors.

6. Republication of the paper on the editorial council's (or editorial council's) own initiative is made in agreement with the authors, editors and holder of the intellectual property right on the paper. In the case of the paper republication the publisher is to make a statement on that.

To submit a paper with co-authors is possible if all persons indicated as co-authors made their contribution to development of the concept, design, performance or interpretation of the described research.

If the contribution of a person who cooperated on the research described in the paper is not enough significant to regard him as a co-author, he should be acknowledged in the paper.

The paper publication for post-graduates is free of charge.

7. The contact author must provide reading and approval of the final version of the paper by all co-authors, as well as their approval to the publication.

8. In the case of conflict of interests including potential one the author or co-authors must inform the editors as soon as possible. When a principle mistake or inaccuracies have been revealed in the issued paper by the author himself, he must urgently inform the executive editor and render editor-in-chief efficient assistance to publish disproof or correction. If the editor-in-chief gets the information on the serious mistake contained in the paper from the third person, the author must present urgent disproof of that at the same time producing proofs of his rightfulness to the executive editor (or to the editor-in-chief) and provide necessary changes.

9. The authors should be aware of the fact that the editors, the editorial council and the editorial board of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» take the responsibility for the assistance to scientific community to observe all aspects of publishing ethics, particularly in the cases of paper duplication or plagiarism.

10. The authors of the published materials are responsible for the reliability of the given information and the use of the data which are not to be issued in public. The editors have the right to make corrections. The editors' opinion can be different from the authors' opinion; the materials are published to discuss the problems of current importance. The editors are not responsible for any information contained in advertisement.

11. Having reviewed the submitted materials, the editors notify the authors of their decision by email. If the paper has been rejected, the editors send reasoned refusal to the author.

12. Any full of partial reprinting of the materials is allowed only by the written permission of the editors.

Dear authors,
we kindly ask you to adhere strictly
to format guidelines when formatting your paper.

Appendix 1

The paper format guidelines

The papers are submitted by email (info@nanobuild.ru) and formatted in the following way.

1. The body of the paper

- The number of pages in the paper – more than 3 but less than 10 pages in A4 format.
- Margins: left and right – 2 cm, bottom and upper – 2,5 cm.
- The body of the paper is performed in Word.
- The font of the body – Times New Roman.
- The font size of the text is 14 pt, the factor of line-to-line spacing – 1,15.
- To keep the style uniform, don't use font effects (italics, underlined etc).
- Indention – 1 cm.
- Complex formulas are performed by the means of MS Equation 3.0. contained in WinWord.
- Formulas are placed in the center of the column (page) without indention, their numbers are given in round brackets and are placed in the column (page) with right justification. If there is only one formula in the paper, it is not numbered. Above and at the bottom of the text formulas are not separated by additional space.
- To make the reference to the formula in the text use round brackets (1), to make reference to the bibliographical source use square brackets [1].
- The size of the references is 12 pt.

2. Graphical design of the paper

- Illustrations are stored in vector format eps or in any other design applications of MS Office 97, 98 or 2000.
- After the first mentioning of the diagrams, pictures and photos in the text, they are inserted in the form which is suitable for the authors.
- The legends (12 pt, normal) are placed under the figures in the center after reduced word Fig. and number (12 pt, bold) of the figure. If there is only one figure, it is not numbered.
- Between the legend and the following text – one line-to-line spacing.
- All pictures and photos must be contrast and the resolution of the pictures and photos must be no less than 300 dpi. Illustartions are desirable to be coloured.
- The lines of the diagrams must not be thin (the line width – no less than 0,2 mm).
- Copies and figures scanned from the books and journals of a low quality and resolution are not accepted.
- The word Table and the number of the table are placed with right justification. The heading of table is on the next line (center adjustment without indention). Between table and the text – one line-to-line spacing. If there is only one table, it is not numbered.

3. The format of the modules

- Modules must be contrast and the resolution of the modules must be no less than 300 dpi (format .jpg).
- The size of the modules, mm:
  1/1 – 210 (width) x 297 (height);
  1/2 – 170 (width) x 115 (height).

Appendix 2

The Topics of Published Materials

- Nanostructured systems strength and penetrability formation theory development.
- Mathematical quantum and other types of models for nanomaterials characteristic research.
- The problems of nanomaterials and nanotechnologies implementation in construction and building materials.
- Technological principles of nanostructures creation (liquid melts, sol and gel synthesis).
- Creation of new functional materials in construction.
- Development of transition principles «disorder-order» when creating composites with the use of synergetic and other approaches.
- Study of different technological principles when creating nanosystems in industrial production.
- Diagnostics of building systems nanostructures and nanomaterials.
- The problems of obtaining of high-density and high-durability building materials (concretes, ceramics etc.).
- Technologies of mineral particles grinding to nanodimensional levels.
- Technology of blending mixtures with nanodispersed particles and methods to activate them.
- Hydrodynamic methods and other methods of aqueous suspensions and solutions activation.
- Modification of aqueous solution of different nanodimensional additives used in construction.
- Research in the area of powder nanomaterials toxicity.
- Metal reinforcement modified by nanodimensional materials in production process.
- Carbonic, basalt and aramid fibers and other types of fibers of small diameters with nanodimensional structural characteristics.
- Cement and other binders with mineral and organic additives.
- Concretes and solutions modified by nanodimensional additives.
- Mineral particles suspensions used for laques, paints as well as for modifiers for concretes and solutions; properties, fabrication method and durability.
- Organic materials dispersions used in laques and paints production as well as to manufacture additives for concretes and solutions; activation methods and durability of these dispersions.
- Use of nanopowder of different nature to modify building materials properties.
- New characteristics of building materials based on nanosystems.
- Modification of building materials with nanofibers.
- Disperse composite materials with nanocoating.
- Formation of nanostructure coatings by means of laser sputtering.
- Development of the methods aimed at studying materials nanostructure on the basis of disperse systems, including studying of vacuum nanoobjects in porous systems.
- Technologies aimed at studying nanomaterial properties.
- The systems of teaching the fundamentals of nanotechnologies.

The topics can be different, directly or indirectly related to the areas mentioned above.

Appendix 3

The structure of the paper

SECTION (In English) / **SECTION** (In Russian)

DOI
UDC

Title (In English)

Author(s):
Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country), position (In English), email of each author

Abstract: the source of information, which is independent on the paper and which allows Russian and foreign specialists to make conclusion about the quality of the content of the paper (extended abstracts must be informative, original, contain main results of research, structured, compact – 200–250 words) (In English)

Keywords: (In English)

Acknowledgements: (if available) (In English)

For citation: (In English)

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

The paper has been received by editors:
The paper has been received by editors after peer-review:
The paper has been accepted for publication:

Title (In Russian)

Author(s): Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country), position, (In Russian), email of each author

Abstract: the source of information, which is independent on the paper and which allows Russian and foreign specialists to make conclusion about the quality of the content of the paper (extended abstracts must be informative, original, contain main results of research, structured, compact – 200–250 words) (In Russian)

Keywords: (In Russian)

Acknowledgements: (if available) (In Russian)

For citation: (In Russian)

Text of the paper: (In English)
- INTRODUCTION
- MAIN PART
- CONCLUSION

Text of the paper: (In Russian)
- INTRODUCTION
- MAIN PART
- CONCLUSION

References: (In English)

References: (In Russian)

Information about the author(s): (In English)

Information about the author(s): (In Russian)

Contacts:

Appendix 4

Reference Formats (according to guidelines of VINITI RAN)

References are given after the text of the paper. The references in the list must be numbered.

Description of a Paper from Electronic Journal:
Falikman V.R., Vainer A.Y. Photocatalytic Cementitious Composites Containing Mesoporous Titanium Dioxide Nanoparticles. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 1, pp. 14–26. Available at: http://nanobuild.ru/en_EN/ (Accessed __ _____ ____). (In Russian).

Note: Volume 1 – 2009; Volume 2 – 2010; Volume 3 – 2011; Volume 4 – 2012; Volume 5 – 2013; Volume 6 – 2014; Volume 7 – 2015; Volume 8 – 2016 etc.

Description of a Paper from Journal:
Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. Technical and economic optimization of hydrofracturing design. Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry, 2008, no. 11, pp. 54–57. (In Russian).

Description of a Paper from Ongoing Edition (Proceedings):
Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [Proc. of the Bauman MSTU «Mathematical Modeling of Complex Technical Systems»], 2006, no. 593, pp. 125–130.

Description of a Paper with DOI:
Korolev E.V., Smirnov V.A., Evstigneev A.V. Nanostructure of matrices for sulfur constructional composites: methodolody,methods and research tools. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 6, pp. 106–148. DOI: 10.15828/2075-8545-2014-6-6-106-148.

Description of Conference Proceedings:
Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi» [Proc. 6th Int. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»]. Moscow, 2007, pp. 267–272. (In Russian).

Description of Book (Monograph, Collection):
Lindorf L.S., Mamikoniants L.G., eds. Ekspluatatsiia turbogeneratorov s neposredstvennym okhlazhdeniem [Operation of turbine generators with direct cooling]. Moscow, Energiia Publ., 1972, 352 p. (In Russian).

Kanevskaya R.D. Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development]. Izhevsk, 2002. 140 p.

Description of Translated Book:
Timoshenko S.P., Young D.H., Weaver W. Vibration problems in engineering. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. Kolebaniia v inzhenernom dele. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

Brooking A., Jones P., Cox F. Expert systems. Principles and case studies. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. Ekspertnye sistemy. Printsipyraboty i primery. Moscow, Radio i sviaz' Publ., 1987. 224 p.).

Description of Internet Source:
APA Style (2011). Available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2013).
Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources)
Available at:
http://www.scribd.com/doc/1034528/ (accessed 7 February 2013).

Description of Thesis or Abstract of Thesis:
Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Dokt, Diss. [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Doct. Diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Description of State Standard (GOST):
State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russian).

Description of Patent:
Ponomarev A.N., Seredokho V.A., Sofronov A.Yu. Construction structural element. RF Patent 2683836 C1. 2019. Bulletin № 10.

Description of Unpublished Document:
Pressure generator GD-2M. Technical description and user manual. Zagorsk, Res. Inst. of Appl. Chem. Publ., 1975. 15 p. (In Russian, unpublished).

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯ СЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION».

ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА

Общие положения

Основные этические нормы, которые соблюдает редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»:

1. Редакционный совет, редакционная коллегия, коллектив редакции поддерживают политику, направленную на соблюдение принципов издательской этики, и признают, что отслеживание соблюдения принципов издательской (редакционной) этики является одной из главных составляющих рецензирования и издания.

2. Недопустимым является плагиат, в какой бы то ни было форме. Это касается как представления к публикации под своим именем прежде опубликованных или неопубликованных работ других авторов, так и присвоения чужих идей. В случае заимствования фрагментов чужих работ автор должен указать источник. Примеры библиографических ссылок приведены в разделе «Авторам».

3. Редакция публикует статьи авторов всех стран и национальностей, которые исследуют проблематику, определенную редакционной политикой.

4. Редакция не сотрудничает с авторами, которые когда-либо допустили случаи плагиата в статьях, представленных в электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» или других изданиях, если таковое станет известным.

5. Редакция использует программные средства и обеспечение для выявления плагиата из работ, имеющихся в Интернете.

6. Редакция будет с признательностью принимать информацию от читателей относительно выявленных ими элементов плагиата и нарушения авторами моральных норм и публиковать ее на страницах журнала.

7. Редакция берет на себя обязательства не публиковать статьи, которые содержат призывы к терроризму, проявления ксенофобии, оскорбления других авторов или граждан.

8. В редакции в оценке качества содержания статьи участвуют, как минимум, 3 эксперта. Проводится внешнее слепое рецензирование статей, для рецензирования каждой статьи привлекаются 2 эксперта. Рецензирование статей осуществляется специалистом соответствующего профиля, имеющим ученую степень не ниже доктора наук. Редакция направляет рецензенту статью без указания сведений об авторе(ах) и форму для подготовки рецензии. Рецензирование статей выполняется на добровольной и безвозмездной основе. В случае положительного внешнего рецензирования статья направляется для оценки одному из членов редсовета или редколлегии. При положительном решении трех экспертов статья рекомендуется к публикации.

9. Среди требований, предъявляемых к рецензентам, есть определение наличия элементов плагиата. Обязанности рецензентов приведены в разделе «Рецензентам».

10. Структура научных статей приведена в **Приложении 3**.

11. Журнал позволяет сохранять авторам авторские права без ограничений, а также сохранять авторам права на публикации без ограничений.

12. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»). Эта лицензия позволяет другим распространять,

редактировать, поправлять и брать за основу произведение авторов, даже коммерчески, до тех пор, пока они указывают ваше авторство. Лицензия рекомендована для максимального распространения и использования лицензированных материалов. Подробно о лицензии Creative Commons CC-BY смотрите здесь http://creativecommons.ru/.

13. Декларация Open Access журнала. Редакция издания придерживается политики «открытого доступа» к публикуемым материалам. Под «открытым доступом» в соответствии с Будапештской инициативой «Открытый доступ» (БИОД) редакция подразумевает свободный доступ к публикуемым в журнале материалам через публичный Интернет и право каждого пользователя читать, загружать, копировать, распространять, распечатывать, искать или делать ссылки на полнотекстовые статьи, проводить поиск роботами-индексаторами, вводить их как данные в программное обеспечение или использовать для других законных целей при отсутствии финансовых, правовых и технических преград, за исключением тех, которые регулируют доступ к собственно Интернету. Единственным ограничением на воспроизводство и распространение и единственным условием копирайта в этой области должно быть право автора контролировать целостность своей работы и обязательные ссылки на его имя при использовании работы и ее цитировании.

Статьи из журнала (метаданные статей) размещаются в «открытом доступе»:

- на сайте электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал», ссылка – http://nanobuild.ru/ru_RU/, далее – раздел «Архив номеров»;
- в полнотекстовой базе данных научных журналов открытого доступа OpenAcademicJournalsIndex (OAJI), ссылка – http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931;
- на сайте Научной электронной библиотеки, ссылка –http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1568760;
- в базе научных журналов Directory of Open Access Journals (DOAJ), ссылка – https://doaj.org/, далее – осуществляется поиск журнала «Nanotehnologii v Stroitel'stve»;
- в базе данных научных журналов ResearchBib, ссылка – http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2075-8545;
- на интернет-ресурсе учёных всех научных дисциплин ResearchGate, ссылка – https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- в научной международной базе Readera – https://readera.ru/nanobuild;
- в других системах цитирования (базах данных).

Это позволяет ученым и специалистам во всем мире свободно знакомиться с материалами журнала и использовать их в своей деятельности, в т.ч. цитировать в своих статьях.

В каждой научной статье у авторов обязательно указываются: место работы (университет (институт), предприятие и другие организации, город, страна), должность, ученая степень, ученое звание, полный почтовый адрес и электронный адрес, что обеспечивает возможность непосредственно общаться ученым и специалистам из разных стран с авторами.

Каждой статье присваивается UDC, DOI, в метаданных статьях размещается машиночитаемая информация о CC-лицензии (HTML-код), другие идентификаторы материалов.

14. Более подробная информация о соблюдении издательской этики, порядке рецензирования материалов, принципах лицензирования, декларации Open Access журнала, соблюдении авторского и смежных правах, которыми нужно руководствоваться, содержится в международных стандартах, законах Российской Федерации, профессиональных кодексах, руководствах. Среди них – Международные стандарты Комитета по этике публикаций (Committe on Publication Ethics – COPE), Лицензии Creative Commons, Будапештская инициатива «Открытый доступ», Руководство для рецензентов издательства Elsevier, Гражданский кодекс РФ ч. IV, Закон РФ «О средствах массовой информации», Закон РФ «О рекламе», Кодекс профессиональной этики журналиста, Кодекс этики научных публикаций и др.

Главному редактору

Решение по опубликованию статьи. Главный редактор электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал», отвечает за принятие решения о том, какие из представленных в редакцию журнала работ следует опубликовать. Это решение всегда должно приниматься на основе проверки достоверности работы и ее важности для исследователей и читателей. Главный редактор может руководствоваться методическими рекомендациями, разработанными редсоветом и редколлегией журнала, и такими юридическими требованиями как недопущение клеветы, нарушения авторского права и плагиата. Также при принятии решения по публикации главный редактор может советоваться с членами редсовета, редколлегии или рецензентами.

Справедливость. Главный редактор оценивает представленные работы по их интеллектуальному содержанию, невзирая на расу, пол, сексуальную ориентацию, религию, этническое происхождение, гражданство или политические взгляды автора.

Конфиденциальность. Главный редактор, сотрудники редакции, члены редсовета и редсовета не должны раскрывать информацию о представленной рукописи кому-либо другому, за исключением автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, консультантов редакционного совета, а также издателя.

Разглашение сведений и конфликт интересов. Сведения, содержащиеся в представленной статье, не должны использоваться в какой-либо собственной работе главного редактора и членов редсовета и редколлегии без письменного разрешения автора. Конфиденциальная информация или идеи, полученные при рецензировании, должны храниться в секрете и не использоваться для получения личной выгоды.

Главному редактору следует отказаться от своего участия в рецензировании в случае, если присутствует конфликт интересов, проистекающий из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, компаний или учреждений, имеющих отношение к статье.

Главному редактору следует требовать от всех авторов журнала предоставлять сведения о соответствующих конкурирующих интересах и публиковать исправления, если конфликт интересов был разоблачен после публикации. В случае необходимости, может выполняться другое подходящее случаю действие, такое как публикация опровержения или выражения озабоченности.

Изучение жалоб этического характера. Главному редактору следует принимать разумно быстрые меры при поступлении жалоб этического характера в отношении представленной рукописи или опубликованной статьи, имея контакт с редакцией, издателем.

Рецензентам

Рецензирование помогает главному редактору при принятии решения об опубликовании работы статьи (обзора), а благодаря замечаниям и предложениям рецензентов может также помочь автору улучшить его работу. Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» привлекает рецензентов из числа внешних экспертов. Рецензирование должно обеспечить оценку научной значимости и оригинальности представленной рукописи. Авторы рукописей, представленных к опубликованию, признают целесообразность и необходимость рецензирования. Соглашаясь на рецензирование, будущий рецензент берет на себя следующие обязательства.

Оперативность. Лица, к которым обратились члены редакции через главного редактора относительно рецензирования рукописей научных работ, имеют моральные обязательства относительно ее оперативной оценки. При невозможности представления рецензии в установленный срок, об этом информируют главного редактора и назначают нового рецензента.

Конфиденциальность. Каждая полученная для рецензирования рукопись должна рассматриваться как конфиденциальный документ. Ее не просматривают и не обсуждают с другими лицами, кроме лиц, уполномоченных главным редактором.

Объективность. Рецензии должны выполняться объективно. Недопустимы личностные нападки на автора. Рецензенту следует выражать свою точку зрения ясно и обоснованно.

Оценка ссылок. Факт отсутствия ссылок в рукописи, представленной для опубликования, должен быть отмечен и оценен рецензентом. В случае сходства или частичного совпадения рукописи с известными рецензенту публикациями, на которые отсутствуют ссылки, это должно быть также указано рецензентом. Примеры библиографических ссылок приведены в разделе «Авторам».

Выявление плагиата. Рецензент, в случаях подозрения по поводу дублирования статьи или плагиата, должен указать об этом в рецензии.

Этические нормы. Конфиденциальная информация и идеи рецензированной статьи не должны разглашаться. Материалы рецензированной статьи не должны использоваться для получения личной выгоды рецензента. Рецензент соблюдает норму, согласно которой он не использует в собственной работе и публикациях идеи и положения рецензированной им статьи без письменного согласия ее автора.

Рецензенту следует отказаться от своего участия в рецензировании в случае, если присутствует конфликт интересов, проистекающий из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, компаний или учреждений, имеющих отношение к статье.

Редакция может, по запросу, направлять рецензии в ВАК РФ, а также в международные системы цитирования (базы данных) для оценки качества публикуемых статей и процесса рецензирования в целом.

В частности, редакция подтверждает свое согласие на передачу и размещение на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU вместе с Лицензионным материалам журнала следующих материалов:

- тексты рецензий для пользователей библиотеки;
- фамилии и данные о рецензентах для пользователей библиотеки.

Авторам

1. Авторы представляют в редакцию:

- рукописи в электронном виде (по электронной почте info@nanobuild.ru) в соответствии с правилами оформления текстовых и графических материалов, приведенными в **Приложении 1**. Тематика публикуемых материалов должна соответствовать заявленной редакцией электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» в **Приложении 2**. Представляемые статьи должны соответствовать структуре, приведенной в **Приложении 3**.
- сопроводительное письмо (редакция высылает авторам образец по их предварительному запросу).

Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»); согласны с присвоением каждой статье UDC, DOI, с размещением машиночитаемой информации о CC-лицензии (HTML-код) в метаданных статьях, других идентификаторов материалов; согласны с размещением в открытом доступе полных текстов статей (их составных частей или метаданных) в Интернете на сайте издания (www.nanobuild.ru), Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, в системах цитирования (базах данных): ISSN, Российский индекс научного цитирования, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, CA(pt), Compendex, Scopus, Web of Science, EBSCO Publishing, ResearchBib, CrossRef и др. Об этом авторы указывают в сопроводительном письме. Подробно о лицензии Creative Commons CC-BY смотрите здесь http://creativecommons.ru/.

2. В статье должны содержаться результаты оригинальных исследований и прослеживаться связь с предыдущими исследованиями, выполненными лично автором и другими учеными. Последнее должно быть представлено как в основном тексте, так и в форме ссылок на предыдущие источники. В случае использования материалов из работ других авторов статья должна содержать соответствующие ссылки. Библиографический список приводится после текста статьи. Примеры оформления библиографических ссылок даны в **Приложении 4**.

При написании статьи следует соблюдать принципы профессиональной этики, проявлять компетентность, объективность и ответственность.

3. Редакция, редакционный совет или редакционная коллегия могут попросить авторов предоставить все первоисточники и материалы, имеющие отношение к написанию публикуемой статьи. Материалы должны храниться в течение 1 года после публикации.

4. Каждая статья, публикуемая в журнале, рецензируется экспертами на предмет оригинальности и соответствия правилам оформления. Использование трудов или мыслей других ученых должно быть оформлено надлежащим образом. Недопустим плагиат в любой форме. Авторы должны подтвердить, что публикуют свою статью впервые или просят осуществить ее повторную публикацию.

5. Информация, полученная неофициально, например, в частном обсуждении или переписке, не может быть представлена в статье без письменного разрешения со стороны источника информации. Информация, источником которой является конфиденциальная деятельность, в частности рецензирование рукописей или заявок на получение грантов, не может быть использована в статье без письменного согласия авторов.

6. Переиздание статьи по инициативе редакционного совета (редакционной коллегии) журнала осуществляется с согласия авторов, редакции и обладателя права интеллектуальной собственности на статью. В случае повторной публикации статьи издатель делает соответствующее сообщение об этом.

Представление статьи в соавторстве возможно, если все лица, указанные как соавторы, сделали значительный вклад в разработку концепции, планирование, выполнение или интерпретацию описываемого исследования. В случае если вклад лица, определенным образом содействовавшего освещенному в статье исследованию, не настолько существенен, чтобы включить его в соавторы, ему должна быть высказана признательность. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.

7. Автор-корреспондент должен обеспечить прочтение и одобрение всеми соавторами окончательной версии статьи, а также их согласие на публикацию.

8. При наличии конфликта интересов, в том числе и потенциального, автор или соавторы должны информировать издателя как можно раньше. При выявлении принципиальных ошибок или неточностей в своей уже опубликованной работе автор обязан срочно сообщить об этом шеф-редактору и оказать максимальное со-

действие главному редактору журнала для публикации опровержения либо исправлений. В случае получения главным редактором информации от третьих лиц о содержащейся в опубликованной работе существенной ошибке автор обязан представить срочное опровержение с предоставлением главному редактору (шеф-редактору) доказательств своей правоты или необходимые исправления.

9. Авторы должны осознавать, что редакция, редакционный совет и редакционная коллегия электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» берут на себя обязательства помогать научному сообществу в соблюдении всех аспектов издательской этики, особенно в случаях подозрения по поводу дублирования статьи или плагиата.

10. 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 мнением авторов: материалы публикуются с целью обсуждения актуальных вопросов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

11. После рассмотрения материалов редакция уведомляет авторов о своем решении электронным письмом. В случае если статья не подлежит публикации, редакция направляет автору мотивированный отказ.

12. Любая перепечатка материалов полностью или частично возможна только с письменного разрешения редакции.

Уважаемые авторы!
Просьба в целях экономии времени следовать
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 eps 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 – 210 (ширина) x 297 (высота);
  1/2 – 170 (ширина) x 115 (высота).

Приложение 2

Тематика публикуемых материалов

- Разработка теории формирования прочности и непроницаемости наноструктурированных систем.
- Математические квантовые и другие виды моделей для исследования свойств наноматериалов.
- Проблемы применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и строительных материалах.
- Технологические принципы создания наноструктур (расплавы, золь-гелевый синтез и др.).
- Создание новых функциональных материалов в строительстве.
- Разработка принципов перехода «беспорядок-порядок» при создании композитов с использованием синергетики.
- Изучение различных технологических принципов при создании наносистем в промышленном производстве.
- Диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем.
- Проблемы получения высокоплотных и высокопрочных строительных материалов (бетоны, керамика и др.).
- Технологии измельчения минеральных частиц до наноразмерных уровней.
- Технология перемешивания смесей с нанодисперсными частицами и методы их активации.
- Гидродинамические и другие методы активации водных суспензий и растворов.
- Модификация водных растворов различных наноразмерных добавок, используемых в строительстве.
- Исследование в области токсичности порошковых наноматериалов.
- Металлическая арматура, модифицированная в процессе изготовления наноразмерными материалами.
- Волокна углеродные, базальтовые, арамидные и другие волокна малых диаметров с наноразмерными структурными характеристиками.
- Цементные и другие вяжущие с минеральными и органическими добавками.
- Бетоны и растворы, модифицированные наноразмерными добавками.
- Суспензии минеральных и органических добавок, используемые для лаков, красок, а также модификаторов к бетонам и растворам; свойства, технология их приготовления и живучесть.
- Применение нанопорошков различной природы для модификации свойств строительных материалов.
- Новые свойства строительных материалов на основе наносистем.
- Модифицирование строительных материалов нановолокнами.
- Дисперсные композиционные материалы с нанопокрытием.
- Формирование наноструктурных покрытий лазерным напылением.
- Разработка методов исследования наноструктуры материалов на основе дисперсных систем, в том числе исследования нанообъектов пустоты в пористых системах.
- Технологии исследования свойств наноматериалов.
- Системы преподавания основ нанотехнологий.

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

Приложение 3

Структура статьи

РУБРИКА (на английском языке) /
РУБРИКА (на русском языке)

DOI
УДК

Заглавие (на английском языке)

Автор(ы): обязательное указание места работы каждого автора (университет (институт), предприятие и другие организации, город, страна), должности (на английском языке), электронный адрес

Резюме: независимый от статьи источник информации, который позволяет российским и зарубежным специалистам сделать вывод о качестве и содержании статьи (резюме должны быть информационными, оригинальными, содержать основные результаты исследований, структурированными, компактными – укладываться в 200–250 слов) (на английском языке)

Ключевые слова: (на английском языке)

Благодарности: (при наличии) (на английском языке)

Для цитирования: (на английском языке)

Машиночитаемая информация о CC-лицензиях (HTML-код) в метаданных статьи

Статья поступила в редакцию:
Статья поступила в редакцию после рецензирования:
Статья принята к публикации:

Заглавие (на русском языке)

Автор(ы): обязательное указание места работы каждого автора (университет (институт), предприятие и другие организации, город, страна), должности (на русском языке), электронный адрес

Резюме: независимый от статьи источник информации, который позволяет российским и зарубежным специалистам сделать вывод о качестве и содержании статьи (резюме должны быть информационными, оригинальными, содержать основные результаты исследований, структурированными, компактными – укладываться в 200–250 слов) (на русском языке)

Ключевые слова: (на русском языке)

Благодарности: (при наличии) (на русском языке)

Для цитирования: (на русском языке)

Текст статьи (на английском языке)
- ВВОДНАЯ ЧАСТЬ (ВВЕДЕНИЕ)
- ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

Текст статьи (на русском языке)
- ВВОДНАЯ ЧАСТЬ (ВВЕДЕНИЕ)
- ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

Список литературы: (на английском языке)

Список литературы: (на русском языке)

Информация об авторе(ах): (на английском языке)

Информация об авторе(ах): (на русском языке)

Контакты:

Приложение 4

Оформление библиографических ссылок (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и ГОСТ Р 7.0.7–2009)

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

Описание статьи из электронного журнала:
Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Фотокаталитические цементные композиты, содержащие мезопористые наночастицы диоксида титана // Нанотехнологии в строительстве. 2014. – Том 6, № 1. – С. 14–26. URL: http://nanobuild.ru/ru_RU (дата обращения: __ _____ ____).

Справочно: Том 1 – 2009 год; Том 2 – 2010 год; Том 3 – 2011 год; Том 4 – 2012 год; Том 5 – 2013 год; Том 6 – 2014 год; Том 7 – 2015 год; Том 8 – 2016 год и т.д.

Описание статьи из журналов:
Загуренко А.Г., Коротовских В.А., Колесников А.А., Тимонов А.В., Кардымон Д.В. Технико-экономическая оптимизация дизайна гидроразрыва пласта // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 11. – С. 54–57.

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов):
Астахов М.В., Таганцев Т.В. Экспериментальное исследование прочности соединения «сталь-композит» // Труды МГТУ «Математическое моделирование сложных технических систем». – 2006. – № 593. – С. 125–130.

Описание статьи с DOI:
Королев Е.В., Смирнов В.А., Евстигнеев А.В. Наноструктура матриц серных строительных композитов: методология, методы, инструментарий // Нанотехнологии в строительстве. – 2014. – Том 6, № 6. – С. 106–148. DOI: 10.15828/2075-8545-2014-6-6-106-148

Описание материалов конференций:
Усманов Т.С., Гусманов А.А., Муллагин И.З., Мухаметшина Р.Ю., Червякова А.Н., Свешников А.В. Особенности разработки месторождения с помощью гидравлического разрыва пласта // Труды 6 Международного симпозиума «Новые ресурсосберегающие технологии недропользования и повышения нефтегазоотдачи». – Москва, 2007. – С. 267–272.

Описание книги (монографии, сборники):
Линдорф Л.С., Мамикониантс Л.Г. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. – Москва: Изд. Энергия, 1972. – 352 с.

Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. – Ижевск, 2002.

Описание переводной книги:
Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уэвер У. Колебания в инженерном деле. – 4-е изд. – Нью-Йорк: Уайли, 1974. – 521 с. (Рус. изд.: Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уэвер У. Колебания в инженерном деле. – Москва: Изд. Машиностроение, 1985. – 472 с.).

Брукинг А., Джонс П., Кокс Ф. Экспертные системы. Принципы работы и примеры. – Чапман и Холл, 1984. – 231 с. (Рус. изд..: Брукинг А., Джонс П., Кокс Ф. Экспертные системы. Принципы работы и примеры. – Москва: Изд. Радио и связь, 1987. – 224 с.).

Описание Интернет-ресурса:

Стиль APA (2011) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (дата обращения: 5.02.13).

Правила цитирования источников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (дата обращения: 7.02.13)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Семенов В.И. Математическое моделирование плазмы в системе «Компактный тор»: дис. … д-ра физико-математич. наук. – Москва, 2003. – 272 с.

Описание ГОСТа:

ГОСТ 8.586.5–2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Методика выполнения измерений. – Москва: Изд. Стандартинформ, 2007. – 10 с.

Описание патента:

Пономарев А.Н., Середохо В.А., Софронов А.Ю. Строительный конструкционный элемент // Патент 2683836 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 10.

Описание неопубликованного документа:

Генератор давления GD-2M. Описание технических характеристик и руководство пользователя. – Загорск: Издательство НИИ Прикладной Химии, 1975. – 15 с. (не опубликовано).

2020

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION:
A Scientific Internet-Journal

Nanobuild.ru
из НАНО строится ГИГАуспех!
GIGAsuccess is built from NANO!

The editors are pleased to invite you to publish your materials in the Internet-Journal

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

JANUARY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

FEBRUARY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	

MARCH

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

APRIL

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

MAY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

JUNE

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

JULY

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

AUGUST

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

SEPTEMBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

OCTOBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

NOVEMBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

DECEMBER

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

GIGAsuccess is built from NANO

2020

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:
научный интернет-журнал

Nanobuild.ru
из НАНО строится ГИГАуспех!
GIGAsuccess is built from NANO!

Редакция приглашает к публикации материалов в Интернет-журнале

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

ЯНВАРЬ • JANUARY

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

ФЕВРАЛЬ • FEBRUARY

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

МАРТ • MARCH

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

АПРЕЛЬ • APRIL

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

МАЙ • MAY

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

ИЮНЬ • JUNE

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

ИЮЛЬ • JULY

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

АВГУСТ • AUGUST

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

СЕНТЯБРЬ • SEPTEMBER

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

ОКТЯБРЬ • OCTOBER

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

НОЯБРЬ • NOVEMBER

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

ДЕКАБРЬ • DECEMBER

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

из НАНО строится ГИГАуспех