

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

nauchnyj Internet-zhurnal

2020 • Том 12 • № 1

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

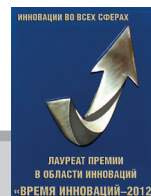
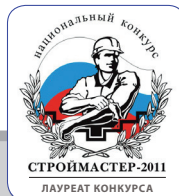
A Scientific Internet-Journal

2020 • Vol. 12 • № 1

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

научный Интернет-журнал

2020 • Том 12 • № 1



IN THE ISSUE:

В НОМЕРЕ:

- The influence of nanoadditives in the synthesis of eco-friendly polyester plasticizers
- Влияние нанодобавок при получении экологичных полиэфирных пластификаторов
- Nanotechnologies: a review of inventions and utility models
- Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты
- Effective mineral additive on the basis of wastes of petrochemical plants for a concrete structural mix
- Эффективная минеральная добавка на основе отходов нефтехимических производств для бетонной строительной смеси
- Achievements of nanoindustry: projects, applications, economic effect and social significance
- Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект и общественная значимость

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)

NANOTEHNOLOGII V STROITEL'STVE:

nauchnyj Internet-zhurnal

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION:

A Scientific Internet-Journal

CONTENTS

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 4

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 10

INTERNATIONAL EXPERIENCE

Kudryavtsev P.G.

Properties of porous heat-resistant composition materials.

Part II 15

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-15-20

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Savicheva Ju.N., Gareeva N.B., Shaikhullin I.R.

The influence of nano-additives in the synthesis of eco-friendly polyester plasticizers 21

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-21-26

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

Ivanov L.A., Bokova E.S., Muminova S.R., Katuhin L.F.

Nanotechnologies: a review of inventions and utility models.

Part I 27

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33

MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

Badikova A.D., Sakhibgareev S.R., Fedina R.A., Rakhimov M.N., Tsadkin M.A.

Effective mineral additive on the basis of wastes of petrochemical plants for a concrete structural mix.....

34

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-34-40

A REVIEW OF THE ACHIEVEMENTS OF NANOTECHNOLOGY

Smirnova L.N., Rucińska T., Zvezdov A.I.

Achievements of nanoindustry: projects, applications, economic effect and social significance

41

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45

ON THE OBSERVANCE OF CODE OF ETHICS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND ON THE PROCEDURE IN CASE OF ABUSIVE PRACTICE (INFRINGEMENTS). 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..... 46

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:

научный Интернет-журнал

СОДЕРЖАНИЕ

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.....	4
МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов.....	10
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ	
УДК 69.001.5+ 696.1+666.647 Кудрявцев П.Г. Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть 2	15
DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-15-20	
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
УДК 678 Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Аминова Г.К., Савичева Ю.Н., Гареева Н.Б., Шайхуллин И.Р. Влияние нанодобавок при получении экологичных полиэфирных пластификаторов	21
DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-21-26	
ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	
УДК 608; 69.001.5 Иванов Л.А., Бокова Е.С., Муминова С.Р., Катухин Л.Ф. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть I.....	27
DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33	

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

УДК 691.32

Бадикова А.Д., Сахибгареев С.Р., Федина Р.А., Рахимов М.Н., Цадкин М.А.

**Эффективная минеральная добавка на основе отходов нефтехимических производств
для бетонной строительной смеси**

34

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-34-40

ОБЗОР ДОСТИЖЕНИЙ НАНОИНДУСТРИИ

УДК 608; 69.001.5

Смирнова Л.Н., Ручинская Т., Звездов А.И.

**Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект
и общественная значимость**

41

DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45

О СОБЛЮДЕНИИ ЭТИЧЕСКОГО КОДЕКСА ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» И ПРОЦЕДУРЫ В СЛУЧАЕ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЙ (НАРУШЕНИЙ). 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..... 46

ISSUED WITH SUPPORT OF



RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING



INTERNATIONAL ACADEMY
OF ENGINEERING



WUHAN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY (CHINA)

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.

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, Foreign Member of RAE and RAACS, Editor-in-Chief of SITA, OCJ and RPCS, Director of «Nanotech Industries, Inc.» (USA), and Director of International Nanotechnological R&D 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 Technology, 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, 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'Aquila, Italy, and Hong Kong Polytechnic University; Member of American National Academy of Engineering, Foreign Member of Russian 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 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

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 of Informatics 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

Paweł 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**

FOUNDER AND PUBLISHER

ООО «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 problems. 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.

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.

MINIMAL SYSTEM REQUIREMENTS TO ACCESS THE EDITION

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 2020

№№	Papers submission deadline	Editing, proof-reading, layout, agreement	The approval of the issue by the Editor-in-Chief	Website publication	Note
2020, Vol. 12, № 1	10.02.2020	15.02.2020	18.02.2020	29.02.2020	
2020, Vol. 12, № 2	10.04.2020	15.04.2020	20.04.2020	29.04.2020	
2020, Vol. 12, № 3	10.06.2020	15.06.2020	19.06.2020	29.06.2020	
2020, Vol. 12, № 4	10.08.2020	17.08.2020	20.08.2020	30.08.2020	
2020, Vol. 12, № 5	10.10.2020	15.10.2020	20.10.2020	30.10.2020	
2020, Vol. 12, № 6	10.12.2020	15.12.2020	18.12.2020	27.12.2020	

Issue 2020, Volume 12, № 1 approved on 18.02.2020

JOIN THE FORCES IN THE FIGHT AGAINST CORONAVIRUS!

Today People Republic of China and other countries are fighting against dangerous and harmful enemy – a new pneumonic coronavirus. Outbreak of coronavirus infection of the new type, caused by coronavirus 2019-nCoV, started when the first cases of pneumonia of unknown origins were revealed among local citizens in Wuhan (Hubei province, Central China) at the end of December 2019. In January and February 2020 the coronavirus spread over the Chinese borders, sickness cases have been registered in Japan, Singapore, Thailand, Republic of Korea, Malaysia, Australia, Germany, the USA, France, Great Britain, Canada and other countries. There are many diseased and deaths, the major part is in China. The medicals apply all efforts to cure the patients and to stop coronavirus spreading.

The editors of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» successfully cooperate with advanced Chinese universities, some of them are: Wuhan University of Technology, Shandong University and others.

The editorial staff, Editorial Council and Editorial Board of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» hope for the prompt victory over the coronavirus and the disease will descent in near future and wish to all people, first of all to Chinese, to have courage, patience and fortune in the battle against this dangerous and harmful enemy.

We hope for the further efficient cooperation.



ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ
АКАДЕМИИ



МЕЖДУНАРОДНОЙ
ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ



УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ТЕХНОЛОГИЙ (КИТАЙ)

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.

Тематика статей журнала приведена в Приложении 2 (раздел «о соблюдении редакцией электронного 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 (ОБЩЕСТВЕННЫЙ 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.», Калифорния (США), директор Международного нанотехнологического исследовательского центра «Polymate» (Израиль), зав. кафедрой ЮНЕСКО «Зелёная химия», президент Израильской Ассоциации Изобретателей, США, Израиль

ЭФУ Дженгги – 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, 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, Иностраный член Российской инженерной академии, 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-президент 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 АСІ 241 «Нанотехнологии в бетоне», профессор Национального 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 АСІ 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

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 внесения редакционной 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.

КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ

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.

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).

ГРАФИК ИЗДАНИЯ В 2020 ГОДУ

№№ п/п	Окончание приема материалов от авторов	Редактирование, корректура, верстка, согласование	Подписание номера главным редактором	Опубликование на сайте	Примеч.
2020, Том 12, № 1	10.02.2020	15.02.2020	18.02.2020	29.02.2020	
2020, Том 12, № 2	10.04.2020	15.04.2020	20.04.2020	29.04.2020	
2020, Том 12, № 3	10.06.2020	15.06.2020	19.06.2020	29.06.2020	
2020, Том 12, № 4	10.08.2020	17.08.2020	20.08.2020	30.08.2020	
2020, Том 12, № 5	10.10.2020	15.10.2020	20.10.2020	30.10.2020	
2020, Том 12, № 6	10.12.2020	15.12.2020	18.12.2020	27.12.2020	

Номер 2020, Том 12, № 1 подписан 18.02.2020 г.

ОБЪЕДИНИМ УСИЛИЯ В БОРЬБЕ С КОРОНАВИРУСОМ!

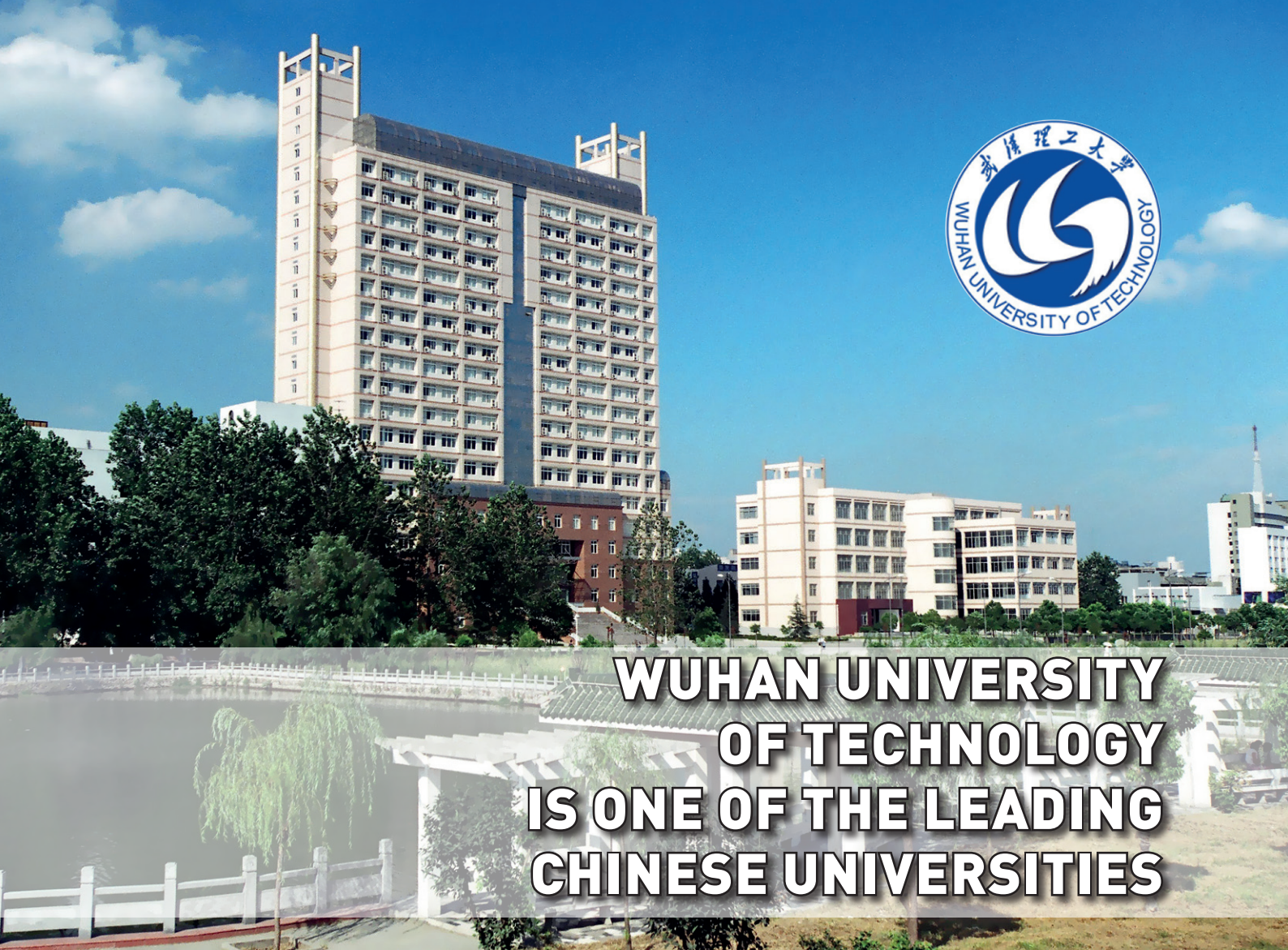
В настоящее время Китай и ряд других стран борются с опасным и коварным врагом – новым пневмоническим коронавирусом. Вспышка коронавирусной инфекции COVID-19 нового типа, вызванная коронавирусом 2019-nCoV, началась с обнаружения в конце декабря 2019 года в городе Ухань провинции Хубэй центрального Китая первых случаев пневмонии неизвестного происхождения у местных жителей. В январе-феврале 2020 года коронавирусная инфекция распространилась за пределы Китая, случаи заболевания обнаружены в Японии, Сингапуре, Таиланде, Республике Корея, Малайзии, Австралии, Германии, США, Франции, Великобритании, Канаде и других странах. Очень много заболевших и летальных исходов, подавляющее число случаев приходится на Китай. Врачи прилагают все усилия, чтобы вылечить заболевших и остановить распространение коронавируса.

Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» плодотворно сотрудничает с рядом ведущих китайских университетов. Среди них: Уханьский университет технологий, Шаньтоуский университет и др.

Редакция, редакционный совет и редакционная коллегия «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» надеются на то, что в ближайшее время коронавирус будет побежден – и болезнь пойдет «на спад» и желают всем, прежде всего – жителям Китая, мужества, терпения и удачи в борьбе с этим опасным и коварным врагом.

Надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество.





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 indus-

trial 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 held public 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 University has 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 build-

ing 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 and the «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 *ShanghaiRank'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, under-

graduate-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 disciplines 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 made 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 m², 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 автомобильно-строительного 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, возвращения 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 привлёк 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 государственных ключевых 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 государственную инженерную лабораторию, один национальный инженеринговый 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 экологических строительных материалов. Кроме того, университетом были основаны: Международная совместная лаборатория перспективных технологий для синтеза и обработки материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области экологических 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 высококвалифици-

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 плотных 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 В+ (10–20% верхних позиций рейтинга) и 6 специальностей расположились на уровне В (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 промышленности 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 нанокompозитов 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, нанокompозитные 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, нанокompозитные 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 Тохoku 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 нанолaborаторию 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: sklwt@whut.edu.cn
Contacts: Zhao Xiang, Zhou Lihua

R



Properties of porous heat-resistant composition materials. Part II

P.G. Kudryavtsev 

Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center, Migdal HaEmek, Israel

Corresponding author: e-mail: pgkudr89@gmail.com

© Kudryavtsev P.G., 2020

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 II. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2020, Vol. 12, no. 1, pp. 15–20. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-15-20.

3. Materials with opal pore structure

Another representative of materials with a regular porous structure are opals. Opal – one of the most famous jewelry stones. Its name comes from the Latin «*opalus*» – a precious stone. Opals are characterized by a variety of color games, in connection with which, a number of varieties of noble opal stand out. Opal is a hydrogel of silicon dioxide $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ with variable water content. Sometimes in opals, there are impurities of organic matter. Opals can be colorless or painted in white, yellow, green, red, brown and black. Opals are characterized by gloss, as well as opalescence. The hardness of opal is $5.5 \div 6$ on the Mohs scale, but it is very fragile. The refractive index is $1.44 \div 1.46$. The density is $1.8 \div 2.3 \text{ g/cm}^3$ [52].

The development of electron microscopy methods made it possible to establish that noble opals consist of uniformly sized SiO_2 spherical particles with a diameter of 150–250 nm, which in turn are formed from smaller globular structures with a diameter of 5–50 nm (Fig. 13 and 14).

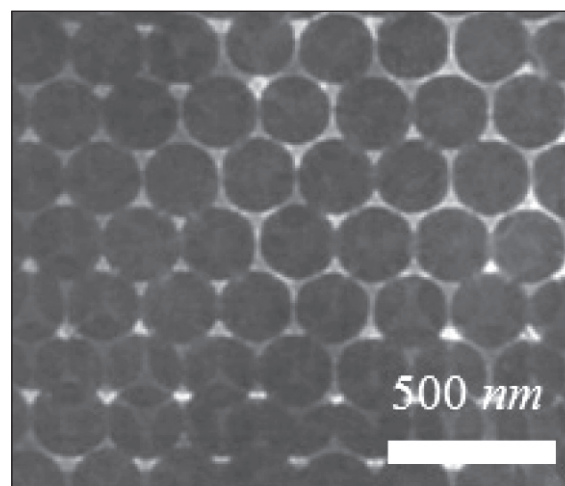


Fig. 13. Electron microscopic image of opal obtained in the transmission mode

The voids of the packing of SiO_2 spheres are filled with amorphous silicon oxide. The intensity of diffracted light is determined by the «ideal» packaging of microspheres

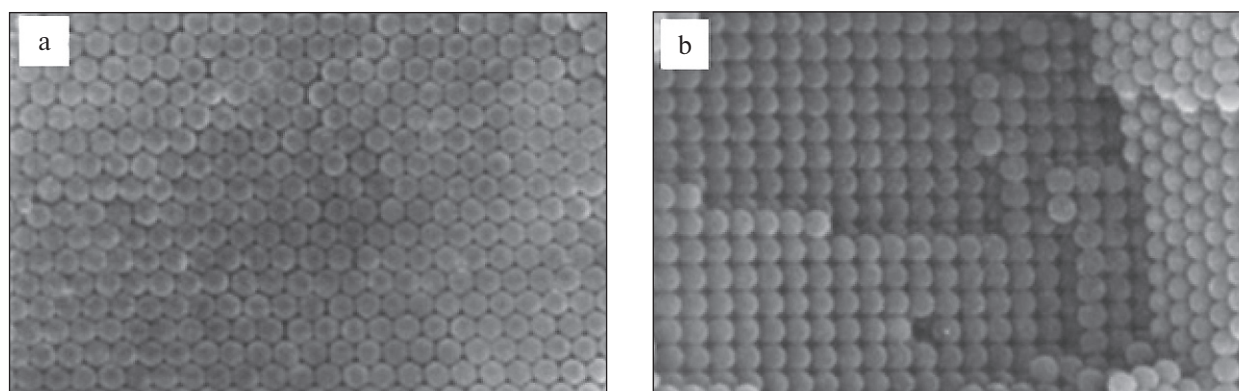


Fig. 14. Photomicrographs of synthetic opal obtained by scanning electron microscopy [52]:
 a – Facets (111); b – (100)

and the difference in the refractive indices of crystalline and amorphous silicon oxide. The most noticeable iris is observed for black opals, the difference in refractive indices for which is 0.02. The formation of opal in nature is associated with hydrothermal processes or weathering. Noble opals are extremely rare. Even in the very rich deposits of Australia, noble varieties of opal make up no more than 1%.

Synthetic opals are model objects for the development and investigation of new spatially periodic structures possessing nonlinear optical properties. Such structures include composites based on opals, in which the pores are filled with various dielectric, semiconductor or metal compounds, as well as inverted opals. The optical properties of these systems are determined by the size of the close-packed particles, as well as by the dielectric permittivity of the components.

Synthetic opals are model objects for the development and investigation of new spatially periodic structures possessing nonlinear optical properties. Such structures include composites based on opals, in which the pores are filled with various dielectric, semiconductor or metal compounds, as well as inverted opals. The optical properties of these systems are determined by the size of the close-packed particles, as well as by the dielectric permittivity's of the components.

The study of such materials intensified more than ten years ago, when it was theoretically predicted that photonic crystals active in the visible and near infrared range would have a variety of exciting optical properties [42–44]. Therefore, the term «crystal» assumes that these patterns should consist of perfect ordered arrays of solids. However, unlike ordinary crystals, which are of the order of several angstroms in length, the photonic crystals should be of the order of length in the submicron scale.

These systems, called colloidal crystals, consist of either silica or polymer colloids; like a natural gemstone opal, which they resemble, they refract visible and near

infrared light, as a result of submicron diameters of colloids. In colloidal crystals of silicon dioxide, there is no total photonic band gap. Stronger photon behavior can be realized if the dielectric contrast of these systems is increased when colloidal crystals are used as templates for structuring solids with higher refractive indices. The resulting macroporous samples, commonly referred to as reverse opals, have arrays of air voids within built-in solids with a high refractive index, such as ceramics or metals. In these inverted structures, a complete photonic band gap can be achieved if the contrast of refractive indices between spheres and interstitial regions exceeds 2.8 [45–47].

To create photonic crystals, synthetic opals are most often used as the initial matrices. Their structure has a three-dimensional sublattice of interconnected nanosized pores formed between close-packed spheres of silicon dioxide. The pore sizes vary within hundreds of nanometers; the dimensions of the pore-binding channels reach tens of nanometers. Opals are characterized by open porosity and, consequently, the pore sublattice in them is available for filling with other substances. The main requirement for the formation of nanocomposites based on photonic crystals is the completeness of the filling of the porous structure, which imposes significant limitations on the choice of the synthesis method. To fill the porous structure, melt methods (impregnation by melts or a method of introduction from a solution in a melt), impregnation with strongly concentrated solutions, followed by evaporation of the solvent, filling the photonic crystal with a colloid solution of nanoparticles, introducing compounds in hydrothermal and supercritical conditions, etc. are usually used.

The formation of macroporous polymers from colloidal films provides the simplest illustration of the general methodology used to convert opals to inverted opals [48, 49]. The process begins with a close-packed colloidal crystal, or normal opal, in which 24% of the volume oc-

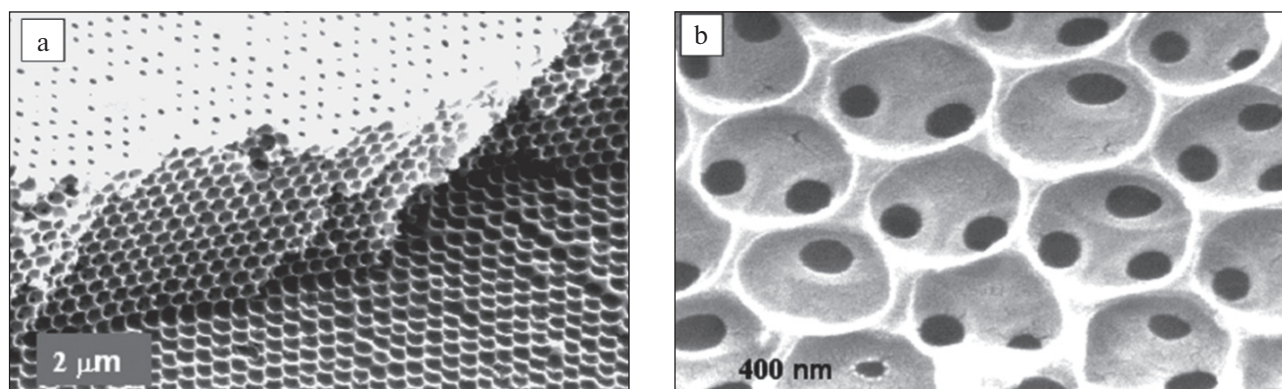


Fig. 15. SEM photomicrograph of reverse opal made of polystyrene [48]:

a — after removing the silica template by chemical etching, the sample contains a large proportion of the free volume;
 b — an enlarged view of the porous structure

cupies air. Liquid monomer is introduced into the pores of opal, usually through a capillary interaction. A suitable monomer is then photochemical or thermally polymerized around the particles. To remove the colloids, then chemical etching is used, in the case of silica, or thermal decomposition, in the case of polystyrene. With results, they are an exact replica of opal, which now consists of 76% air in the form of spherical voids in the original locations of the colloids (Fig. 15a).

Spherical voids are in the same place as the initial colloidal silica. An important feature of inverted opals is the creation of small «windows» observed between large voids (Fig. 15b); they are the result of neck formation between the original colloids. An enlarged view of the porous structure shows small holes that connect spherical voids. These forms are formed around the necks that exist between the silica colloids and provide an interconnected network of channels for the chemical etching process. Their diameter is uniform (variance of values of $\sigma \sim 6\%$), and their average size can be varied by adjusting the viscosity of the monomer solution. Without

this network of small voids, the chemical etching procedure used to remove the silicon dioxide would not have been able to open the entire volume of the sample. These necks can have a significant effect on optical properties, in that they represent a small departure from the idealized face centered lattice of balloons that barely touch their neighbors [47].

Thus, a wide variety of macroporous polymers was manufactured; with the exception of conductive polymers [50], the contrast of their refractive indices is similar to their original systems of silicon dioxide and air. To form stronger photonic crystals, inverted opals should be obtained from materials with higher refractive indices.

As the introduced substances, it is promising to use semiconductor or dielectric materials with high refractive indices such as GaP, SnO, ZrO₂, WO₃, etc. Moreover, controlling the degree of filling of the pores with the substance allows changing the average permittivity of the composite and thus «rearranging» the position of the photonic band gap opal. A further increase in the dielectric contrast can be achieved by selective etching of SiO₂ from

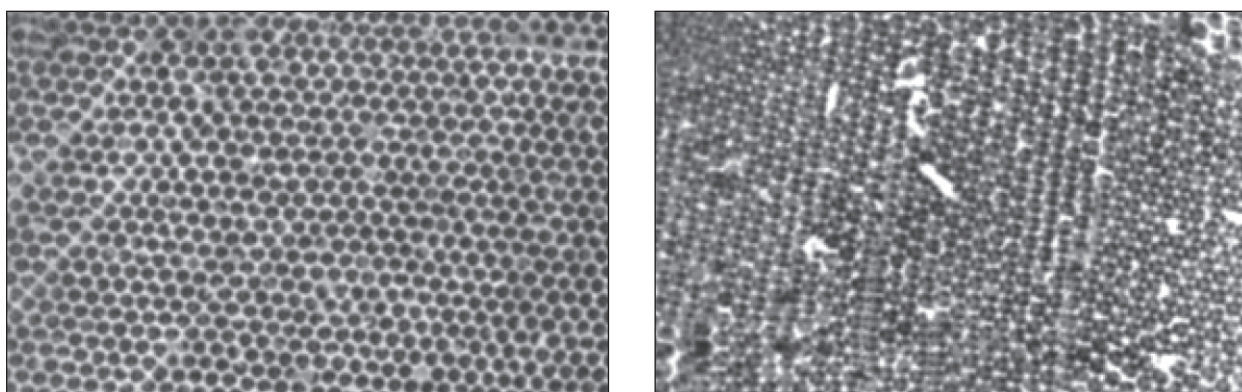


Fig. 16. A photomicrograph of inverted opals based on SiO₂ and WO₃ [46, 47]

the composite. The spatially ordered nanostructures thus obtained are called inverted or inverted opals (Fig. 16).

In these inverted structures, the total photonic band gap between, can be achieved if the contrast of refractive indices between spheres and interstitial regions exceeds 2.8 [46, 47]. For interstitial materials, such as silicon (with a refractive index of ~ 3.4), this discontinuity occurs at a wavelength of ~ 3.5 times the radius of the spheres forming this structure [46, 51].

CONCLUSION

In this paper, a review of the properties of porous heat-resistant inorganic composite nanomaterials was presented. The physicochemical and mechanical characteristics of various porous refractory materials manufactured industrially were considered. The greatest successes in the production of lightweight refractory materials were achieved in the USA as a result of the development of production and flight tests of the space shuttle reusable spacecraft thermal protection system. A class of materials with a regular and quasiregular porous structure is separately considered as an example. Such materials include the so-called cellular, cellular or «lattice» materials, which

are increasingly used in modern technology. An example of such materials is foam ceramics – a sintered ceramic material with a foam cellular structure. For materials with a lattice structure, a model was proposed that relates their density and strength to their structure. So with a low connectivity racks, they have low stiffness, because the configuration of their cells allows them to bend. This assumption leads to the idea of lattice structures built from micro trusses. This assumption made it possible to apply the generalized Maxwell rule and Maxwell criterion to these materials. They provide an analytical approach for the design of lattices with a predominance of tensile forces in their structure and, accordingly, to obtain stronger and lighter materials. A special group of materials with an opal pore structure is considered separately. Synthetic opals have been intensively developed in recent years because they are model objects for the development and study of new spatially 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 by the dielectric constants of the components.

Part I of the paper «Properties of porous heat-resistant composition materials» by Kudryavtsev P.G. has been published in the issue 6/2019 of the journal «Nanotechnologies in Construction».

REFERENCES

1. Kudryavtsev P.G. Composition and structure of porous heat-resistant inorganic composite materials. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 4, pp. 75–100. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-4-75-100. (In Russian).
2. Kudryavtsev P.G. Structure of pores in solid porous bodies. Part I. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 5, pp. 80–103. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-80-103. (In Russian).
3. Kudryavtsev P.G. Structure of pores in solid porous bodies. Part II. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 6. (In Russian).
4. Krasulin Yu.P., Timofeev V.N., Barinov S.M., Ivanov A.B., Asonov A.I., Shnyrev G.A. Porous structural ceramics, M.: Metallurgy, 1980, 100 s. (In Russian).
5. Galakhov F.Ya., Areshev MP, Vavilonova V.T., Averyanov V.I. Determination of the boundaries of the metastable segregation in the silica part of the $\text{TiO}_2\text{--SiO}_2$ system. Izvestiya AN SSSR. Inorganic materials. 1974. Vol. 10, No. 1, C. 179–180. (In Russian).
6. Hammel E.C., Ighodaro O.L.-R., Okoli O.I., Processing and properties of advanced porous ceramics: An application-based review, Ceramics International, Vol. 40, 10, Part A, 2014, P. 15351–15370, ISSN 0272-8842, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.06.095>.
7. Kudryavtsev PG, Kavalerova OB, Pilipenko V.G., Kazakova I.L., Vorobev O.A., Kropacheva M.V. The method of obtaining refractory heat-resistant material, Patent of the USSR № 1787890, According to the application number 4900496/33 from 01.01.91, publ. BI No. 2 of 01/15/93. (In Russian).
8. Konti K., Tsuneharu S. Porous ceramics for kerosene burners. Japan patent 57–23669, 13.01.73, C 34 B.
9. Efimov G.V., Shlemov B.A. and others. The mass for the manufacture of lightweight refractory material. Patent of the USSR № 923997, C 04 B 21/02. (In Russian).
10. Semnina N.V., Evdokimova Z.U., Zamyatin S.R. Raw mix for the manufacture of lightweight refractory products. Patent of the USSR № 580199, C 04 B 35/00, 15.06.76. (In Russian).

11. Khiromitsu T., Sanzakira M., Shigeru K., Makoto O., Tadashi S. Method of making porous ceramics. Japan patent 57-49508, C 04 B 21/06, 12.01.78.
12. Konti K., Khiromitsu T., Tsuneharu S. Porous ceramics for the manufacture of parts for liquid heaters. Japan patent 57-23668, 12.01.78, C 84 B 21/06.
13. Tisato M., Macao I. Retrieval of products from porous ceramics. Japan patent 53–60653, 05.10.81, C 04 B 21/06.
14. Kalinchev V.A., Kunikov B.T., Melnikov E.V., Peynova E.V., Avsineeva N.K. Technological features of the formation of heat-resistant compositions of microspheres. Proceedings MVTU Bauman, vol. 20, The use of plastics in industry. M., 1984, p. 26–31. (In Russian).
15. Rashidi S., Esfahani J.A., Karimi N. Porous materials in building energy technologies – A review of the applications, modelling and experiments, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 91, 2018, P. 229–247, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.092>.
16. Sorin M.N., Kunalova T.P., Taodu A.N., Krivoruchko P.P., Pitak N.V. The method of preparation of refractory insulating fibrous material, Patent of the USSR № 1033487, 31.03.82. (In Russian).
17. Collection of technological instructions. Sukhoi Log, 1985. (In Russian).
18. Schramm N. HRSI and LRSI – the early years. Ceramic Bull., 1981, V. 60, No 1, p. 1194–1195.
19. Leiser D.B., Smith M., Goldstein H.E. Developments in Fibrous Refractory Composite Insulation. Am. Ceram. Soc. Bull. 1981. V. 60. No 11. P. 1201–1204.
20. Study of the strength and regularity of changes in the mechanical properties of new composite and refractory materials in a wide range of temperatures and loading rates, taking into account the structural, technological and other factors associated with the operation of real products. No. of state. registration 77007301, Kiev, 1982, Vol. 3, 89 p. (In Russian).
21. Kheifets L.I., Neymark A.V. Multiphase processes in porous media. M: Chemistry, 1982. (In Russian).
22. Buckley I.D., Stronhal G., Ganaler I.I. Am. Ceram. Soc. Bull., 1981, V. 60, № 11, p. 1196–1199.
23. Gent, A.N., Thomas, A.G. (1959). The deformation of foamed elastic materials. J. Appl. Polym. Sci., Vol. 1, № 1, pp. 107–113. doi: 10.1002/app.1959.070010117.
24. Ashby M.F., Medalist R.F.M. The mechanical properties of cellular solids, Metallurgical Transactions A, 1983, Vol. 14, № 9, pp. 1755–1769.
25. Brezny, R. Green, D.J. Fracture Behavior of Open-Cell Ceramics. Journal of the American Ceramic Society, 1989, Vol. 72, pp. 1145–1152. doi: 10.1111/j.1151-2916.1989.tb09698.x.
26. Brezny, R., Green, D.J. The effect of cell size on the mechanical behavior of cellular materials, Acta Metallurgica et Materialia, Vol. 38, 12, 1990, pp. 2517–2526, doi:10.1016/0956-7151(90)90263-G.
27. Brezny, R. and Green, D.J. Factors Controlling the Fracture Resistance of Brittle Cellular Materials. Journal of the American Ceramic Society, 1991, Vol. 74, p.1061–1065. doi: 10.1111/j.1151-2916.1991.tb04343.x.
28. Nanjangud, S.C., Brezny, R. and Green, D. J. (1995), Strength and Young's Modulus Behavior of a Partially Sintered Porous Alumina. Journal of the American Ceramic Society, 78: 266–268. doi: 10.1111/j.1151-2916.1995.tb08401.x.
29. Huang, J.S., Gibson, L.J. Fracture toughness of brittle honeycombs, Acta Metallurgica et Materialia, Vol. 39, 7, 1991, P. 1617–1626, doi:10.1016/0956-7151(91)90249-Z.
30. Huang, J.S., Gibson, L.J. Fracture toughness of brittle foams, Acta Metallurgica et Materialia, Vol. 39, 7, 1991, P. 1627–1636, doi:10.1016/0956-7151(91)90250-5.
31. Huang, J.S., Gibson, L.J. Optimum cell size and density of brittle foams, Journal of Materials Science Letters, 1993, Vol. 12, 8, pp. 602–604, DOI: 10.1007/BF00278338.
32. Triantafyllou, T.C., Gibson, L.J. Multiaxial failure criteria for brittle foams, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 32, 6, 1990, P. 479–496, doi:10.1016/0020-7403(90)90154-B.
33. Vedula, V.R., Green, D.J., Hellman, J.R. Thermal fatigue resistance of open cell ceramic foams, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 18, 14, 1998, P. 2073–2080, doi:10.1016/S0955-2219(98)00159-9.
34. Vedula, V.R., Green, D.J., Hellman, J.R., Segall, A.E. Test methodology for the thermal shock characterization of ceramics, Journal of Materials Science 1998, Vol. 33, 22, pp. 5427–5432, DOI: 10.1023/A:1004410719754.
35. Scheffler M., Colombo P. (Eds.) Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications. 2005, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 3-527-31320-6, 645 p.
36. Maxwell, J.C. L. On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 1864, Vol. 27, 182, p. 294–299. doi:10.1080/14786446408643668.
37. Calladine, C.R. Theory of Shell Structures, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1983.
38. Pellegrino, S., Calladine, C.R. Matrix analysis of statically and kinematically indeterminate frameworks, International Journal of Solids and Structures, Vol. 22, 4, 1986. P. 409–428. Doi:10.1016/0020-7683(86)90014-4.
39. Deshpande, V.S., Ashby, M.F., Fleck, N.A. Foam topology: bending versus stretching dominated architectures, Acta Materialia, Vol. 49, 6, 2001, P. 1035–1040. Doi:10.1016/S1359-6454(00)00379-7.
40. Deshpande, V.S., Fleck, N.A., Ashby, M.F. Effective properties of the octet-truss lattice material, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Vol. 49, 8, 2001, P. 1747–1769, doi:10.1016/S0022-5096(01)00010-2.
41. Guest, S.D. Tensegrities and rotating rings of tetrahedra: a symmetry viewpoint of structural mechanics, Philos. Trans. R. Soc. Lond. A, 2000, Vol. 358, p. 229–243. DOI: 10.1098/rsta.2000.0529.
42. Yablonovitch E., Gmitter T.J. Photonic band structure: The face-centered-cubic case, Phys. Rev. Lett. Vol. 63, 18, (1989) p. 1950.

43. Yablonovitch E. Photonic band-gap structures, Journal of the Optical Society of America B, Vol. 10, 2, pp. 283–295, (1993), doi: 10.1364/JOSAB.10.000283.
44. Sajeev J., Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices, Phys. Rev. Lett. 58, 2486 (1987).
45. Colvin V.L. From Opals to Optics: Colloidal Photonic Crystals, MRS Bulletin, Vol. 26, No 8, 2001, pp. 637 – 641, DOI: <http://dx.doi.org/10.1557/mrs2001.159>.
46. Biswas R., Sigalas M.M., Subramania G., Ho K.-M., Photonic band gaps in colloidal systems, Phys. Rev. B, Vol. 57, 7 (1998), p. 3701.
47. Busch K., Sajeev J., Photonic band gap formation in certain self-organizing systems, Phys. Rev. E, Vol. 58, 3 (1998) p. 3896.
48. Jiang P., Hwang K.S., Mittleman D.M., Bertone J.F., and Colvin V.L., Template-Directed Preparation of Macroporous Polymers with Oriented and Crystalline Arrays of Voids, Journal of the American Chemical Society 1999 121 (50), 11630–11637. DOI: 10.1021/ja9903476.
49. Park S.H., Xia Y., Fabrication of Three-Dimensional Macroporous Membranes with Assemblies of Microspheres as Templates, Chem. Mater., 1998, 10 (7), pp. 1745–1747. DOI: 10.1021/cm9801993.
50. Deutsch, M., Vlasov, Yu.A. and Norris, D.J. (2000), Conjugated-Polymer Photonic Crystals. Adv. Mater., 12: 1176–1180. doi:10.1002/1521-4095(200008)12:16<1176::AID-ADMA1176>3.0.CO;2-H.
51. Blanco A., Chomski E., Grabtchak S., Ibsatge M., John S., Leonard S.W., Lopez C., Mesegeur F., Miguez H., Mondia J.P., Ozin G.A., Toader O., and van Driel H.M., Large-scale synthesis of a silicon photonic crystal with a complete three-dimensional bandgap near 1.5 micrometres, Nature, Vol. 405 №6785, (2000) p. 437. doi:10.1038/35013024.
52. Deniskina N. D., Kalinin D. V., Kazantseva L.K. Noble opals, their synthesis and genesis in nature. Novosibirsk: Science, 1980. 64 p. (In Russian).

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

Received: 05.11.2019.

Revised: 20.11.2019.

Accepted: 24.11.2019.



Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть II

П.Г. Кудрявцев

Polymate Ltd – Israel Nanotechnology Research Center, Мигдаль-ха-Эмек, Израиль

Контакты: e-mail: pgkudr89@gmail.com

© Кудрявцев П.Г., 2020

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: пористые материалы, термостойкие материалы, ячеистые материалы, опаловые структуры.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кудрявцев П.Г. Свойства пористых термостойких композиционных материалов. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 15–20. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-15-20.

3. Материалы с опаловой поровой структурой

Еще одним представителем материалов с регулярной поровой структурой являются опалы. Опал – один из наиболее известных ювелирных камней. Его название происходит от латинского «*opalus*» – драгоценный камень. Опалы характеризуются разнообразной игрой цвета, в связи с чем выделяют ряд разновидностей благородного опала. Опал представляет собой гидрогель диоксида кремния $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ с переменным содержанием воды. Иногда в опалах присутствуют примеси органического вещества. Опалы могут быть бесцветными или окрашенными в белый, желтый, зеленый, красный, коричневый и черный цвета. Для опалов характерен блеск, а также опалесценция. Твердость опала составляет 5,5–6 по шкале Мооса, но он очень хрупок.

Показатель преломления $1,44 \div 1,46$. Плотность $1,8 \div 2,3 \text{ г/см}^3$ [52].

Развитие методов электронной микроскопии позволило установить, что благородные опалы состоят из однородных по размеру сферических частиц SiO_2 диаметром $150 \div 250 \text{ нм}$, которые, в свою очередь, образованы из более мелких глобулярных структур диаметром $5 \div 50 \text{ нм}$ (рис. 13 и 14).

Пустоты упаковки сфер SiO_2 заполнены аморфным оксидом кремния. Интенсивность дифрагированного света определяется «идеальностью» упаковки микросфер и различием в показателях преломления кристаллического и аморфного оксида кремния. Наиболее заметная иризация наблюдается для черных опалов, различие в показателях преломления для которых составляет 0,02. Образование опала в природе связано с гидротермальными про-

цессами или выветриванием. Благородные опалы встречаются крайне редко. Даже в весьма богатых месторождениях Австралии благородные разновидности опала составляют не более 1%.

Синтетические опалы являются модельными объектами для разработки и исследования новых пространственно-периодических структур, обладающих нелинейными оптическими свойствами. К таким структурам относятся композиты на основе опалов, в которых поры заполнены различными диэлектрическими, полупроводниковыми или металлическими соединениями, а также инвертированные опалы. Оптические свойства этих систем определяются размером плотноупакованных частиц, а также диэлектрическими проницаемостями компонентов.

Синтетические опалы являются модельными объектами для разработки и исследования новых пространственно-периодических структур, обладающих нелинейными оптическими свойствами. К таким структурам относятся композиты на основе опалов, в которых поры заполнены различными диэлектрическими, полупроводниковыми или металлическими соединениями, а также инвертированные опалы. Оптические свойства этих систем определяются размером плотноупакованных частиц, а также диэлектрическими проницаемостями компонентов.

Исследование таких материалов активизировалось больше десяти лет назад, когда теоретически было предсказано, что фотонные кристаллы, активные в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, будут обладать разнообразными захватывающими оптическими свойствами [42–44]. Так, термин «кристалл» предполагает, эти образцы должны состоять из высокосовершенных упорядоченных массивов твердых тел. Однако, в отличие от обычных кристаллов, которые обладают порядком по длине шкалы в несколько ангстрем, фотонные кристаллы должны иметь порядок длины в субмикронной шкале.

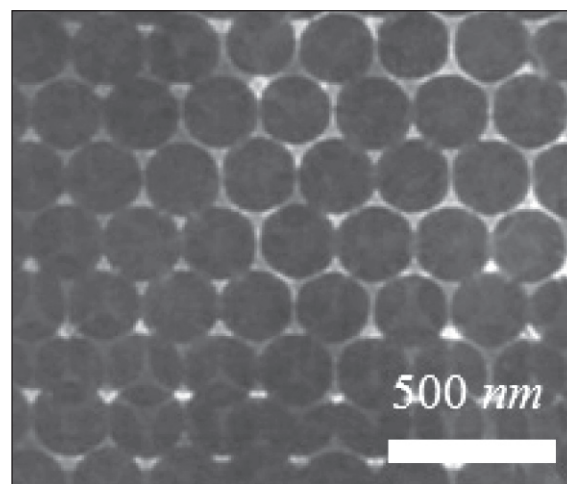


Рис. 13. Электронно-микроскопический снимок опала, полученный в просвечивающем режиме

Эти системы, называемые коллоидными кристаллами, и состоят либо из диоксида кремния или полимерных коллоидов; подобно природному драгоценному камню опалу, который они напоминают, они преломляют видимый и ближний инфракрасный свет как результат субмикронных диаметров коллоидов.

В коллоидных кристаллах из диоксида кремния нет полной фотонной запрещенной зоны. Сильнее фотонное поведение может быть реализовано, если диэлектрический контраст этих систем увеличивается при использовании коллоидных кристаллов в качестве шаблонов для структурирования твердых веществ с более высокими коэффициентами преломления. Полученные в результате макропористые образцы, обычно называемые обратными опалами, обладают массивами воздушных пустот внутри встроенных твердых веществ с высоким показателем преломле-

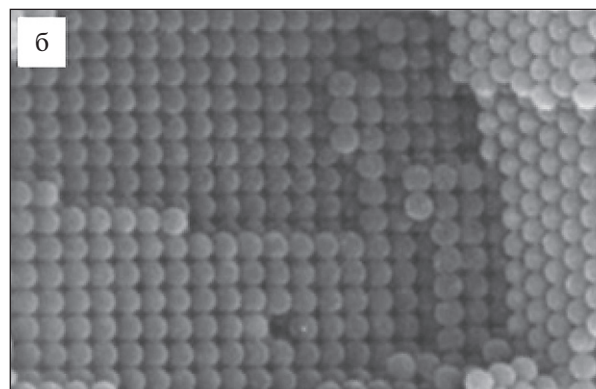
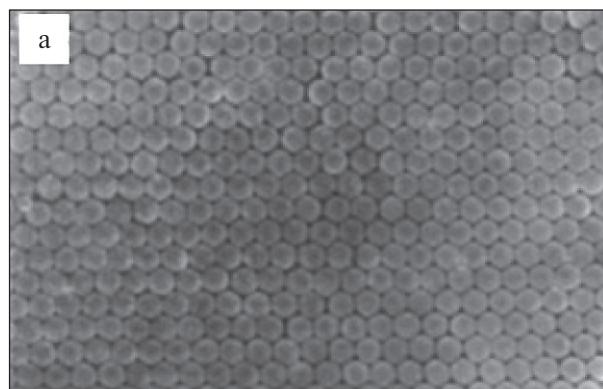


Рис. 14. Микрофотографии синтетического опала, полученные методом сканирующей электронной микроскопии [52]: а – грани (111); б – (100)

ния, таких как керамика или металлы. В этих перевернутых структурах, полная фотонная запрещенная зона может быть достигнута, если контраст показателей преломления между сферами и междоузельными областями превышает 2,8 [45–47].

Наиболее часто в качестве исходных матриц для создания фотонных кристаллов используют синтетические опалы, структура которых имеет трехмерную подрешетку взаимосвязанных наноразмерных пор, образующихся между плотноупакованными шарами диоксида кремния. Размеры пор варьируются в пределах сотен нанометров, размеры связывающих поры каналов достигают десятков нанометров. Опалы характеризуются открытой пористостью, а следовательно, подрешетка пор в них доступна для заполнения другими веществами. Основным требованием к формированию нанокомпозитов на основе фотонных кристаллов является полнота заполнения пористой структуры, что накладывает существенные ограничения на выбор метода синтеза. Для заполнения пористой структуры обычно используют расплавные методы (пропитка расплавами или метод внедрения из раствора в расплаве), пропитку сильно концентрированными растворами с последующим выпариванием растворителя, заполнение фотонного кристалла коллоидным раствором наночастиц, внедрение соединений в гидротермальных и сверхкритических условиях и т.д.

Формирование макропористых полимеров из коллоидных пленок обеспечивает самую простую иллюстрацию общей методологии, используемой для преобразования опалов в перевернутые опалы [48, 49]. Процесс начинается с плотноупакованного коллоидного кристалла или нормального опала, в котором 24% объема занимает воздух. Жидкий мономер вводится в поры опала, как правило, через капиллярное взаимодействие. Подходящий мономер

затем фотохимическим или термическим методом полимеризуется вокруг частиц. Для удаления коллоидов затем используют либо химическое травление, в случае кремнезема, или термическое разложение, в случае полистирола. Как результат они являются точной копией опала, которая теперь состоит из 76% воздуха в виде сферических пустот в первоначальных местах коллоидов (рис. 15а).

Сферические пустоты расположены в том же месте, что и исходные коллоиды диоксида кремния. Важной особенностью перевернутых опалов является создание небольших «окон», наблюдаемых между крупными пустотами (рис. 15б); они являются результатом образования шейки между первоначальными коллоидами. Увеличенный вид пористой структуры показывает малые отверстия, которые связывают сферические пустоты. Эти формы образуются вокруг шеек, которые имеются между кремнеземными коллоидами и обеспечивают взаимосвязанную сеть каналов для процесса химического травления. Их диаметр достаточно равномерен (дисперсия значений $\sigma \sim 6\%$), и их средний размер можно варьировать путем регулирования вязкости раствора мономера. Без этой сети небольших пустот процедуре химического травления, используемой для удаления диоксида кремния, не удалось бы открыть весь объем образца. Эти шейки могут оказать заметное влияние на оптические свойства, в том, что они представляют собой небольшой отход от идеализированной гранецентрированной решетки воздушных шаров, которые едва касаются своих соседей [47].

Таким образом, было изготовлено широкое разнообразие макропористых полимеров; за исключением проводящих полимеров [50] контраст их показателей преломления аналогичен их первоначальным системам диоксида кремния и воздуха. Для формирования более сильных фотонных кристаллов пере-

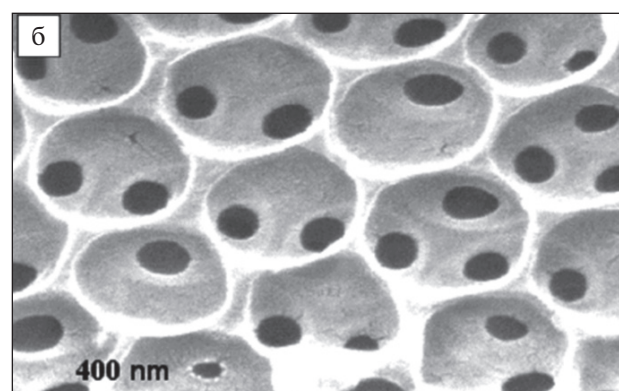
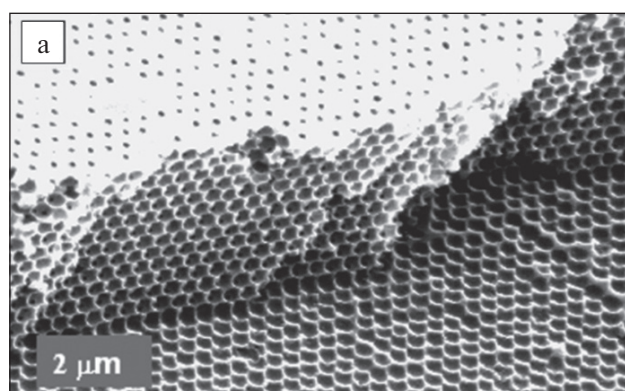


Рис. 15. СЭМ микрофотография обратного опала, изготовленного из полистирола [48]:

а — после удаления шаблона кремнезема путем химического травления образец содержит большую долю свободного объема; б — увеличенный вид пористой структуры

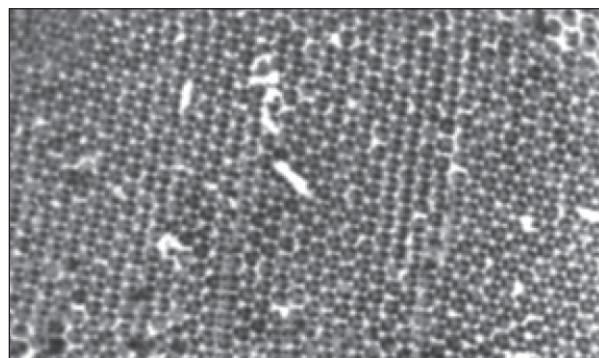
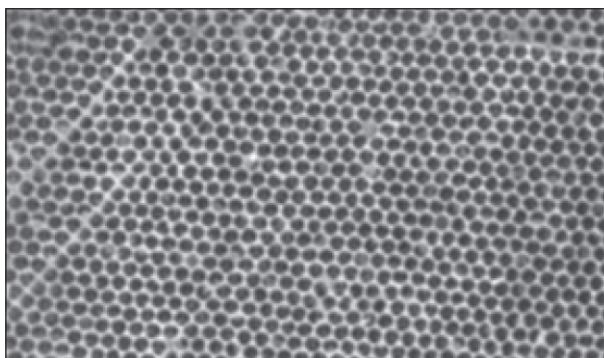


Рис. 16. Микрофотография инвертированных опалов на основе SiO_2 и WO_3 [46, 47]

вернутые опалы должны быть получены из материалов с более высокими показателями преломления.

В качестве внедряемых веществ перспективно использовать полупроводниковые или диэлектрические материалы с высокими показателями преломления, такие как GaP, SnO, ZrO_2 , WO_3 и др. При этом контроль степени заполнения пор веществом позволяет изменять среднюю диэлектрическую проницаемость композита и таким образом «перестраивать» положение фотонной запрещенной зоны опала. Дальнейшего увеличения диэлектрического контраста можно достигнуть с помощью селективного вытравливания SiO_2 из композита. Полученные таким образом пространственно-упорядоченные наноструктуры называют обращенными или инвертированными опалами (рис. 16).

В этих перевернутых структурах полная фотонная запрещенная зона может быть достигнута, если контраст показателей преломления между сферами и междоузельными областями превышает 2,8 [46, 47]. Для междоузельных материалов, таких как кремний (с коэффициентом преломления $\sim 3,4$), этот разрыв происходит на длине волны, составляющей $\sim 3,5$ раза радиуса сфер, образующих данную структуру [46, 51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был представлен обзор свойств пористых термостойких неорганических композиционных наноматериалов. Были рассмотрены физико-химические и механические характеристики различных пористых огнеупорных материалов, выпускаемых промышленно. 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». В качестве примера отдельно рассмотрен 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 технике. Примером таких материалов является пенокерамика — спеченный керамический материал с пенной ячеистой структурой. Для материалов с решетчатой структурой была предложена модель, связывающая их плотность и прочность с их строением. Так, при низкой связности стоек они имеют низкую жесткость, поскольку конфигурация их ячеек позволяет им изгибаться. Это предположение приводит к идее решетчатых конструкций, построенных из микроферм. Это предположение позволило применить к этим материалам обобщенное правило Максвелла и критерий Максвелла. Они дают аналитический подход для проектирования решеток с преобладанием растягивающих усилий в их структуре и, соответственно, к получению более прочных и легких материалов. 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.

Часть 1 статьи Кудрявцева П.Г. «Свойства пористых термостойких композиционных материалов» опубликована в номере 6/2019 журнала «Нанотехнологии в строительстве».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев П.Г. Состав и структура пористых термостойких неорганических композиционных материалов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 4. – С. 75–100. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-4-75-100.
2. Кудрявцев П.Г. Структура пор в твердых пористых телах. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 5. – С. 80–103. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-80-103.
3. Кудрявцев П.Г. Структура пор в твердых пористых телах. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 6. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-80-103.
4. Красулин Ю.П., Тимофеев В.Н., Баринов С.М., Иванов А.Б., Асонов А.И., Шнырев Г.А. Пористая конструкционная керамика. – М.: Металлургия, 1980. – 100 с.
5. Галахов Ф.Я., Арешев М.П., Вавилонова В.Т., Аверьянов В.И. Определение границ метастабильной ликвации в кремнеземистой части системы $\text{TiO}_2\text{--SiO}_2$ // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1974. – Т. 10, № 1. – С. 179–180.
6. Hammel E.C., Ighodaro O.L.-R., Okoli O.I., Processing and properties of advanced porous ceramics: An application-based review, *Ceramics International*, Vol. 40, 10, Part A, 2014, P. 15351–15370, ISSN 0272-8842, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.06.095>.
7. Кудрявцев П.Г., Кавалерова О.Б., Пилипенко В.Г., Казакова И.Л., Воробьев О.А., Кропачева М.В. Способ получения огнеупорного теплозащитного материала // А.С. СССР № 1787890. По заявке № 4900496/33 от 8.01.91, опубл. БИ №2 от 15.01.93.
8. Konti K., Tsuneharu S. Porous ceramics for kerosene burners. Japan patent 57–23669, 13.01.73, С 34 В.
9. Ефимов Г.В., Шлемов Б.А. и др. Масса для изготовления легковесного огнеупорного материала // А.С. СССР № 923997, М. кл., С 04 В 21/02.
10. Семнина Н.В., Евдокимова З.У., Замятин С.Р. Сырьевая смесь для изготовления легковесных огнеупорных изделий // А.С. СССР № 580199, М. кл., С 04 В 35/00, 15.06.76.
11. Khiromitsu T., Sanzakira M., Shigeru K., Makoto O., Tadashi S. Method of making porous ceramics. Japan patent 57-49508, С 04 В 21/06, 12.01.78.
12. Konti K., Khiromitsu T., Tsuneharu S. Porous ceramics for the manufacture of parts for liquid heaters. Japan patent 57-23668, 12.01.78, С 84 В 21/06.
13. Tisato M., Macao I. Retrieval of products from porous ceramics. Japan patent 53–60653, 05.10.81, С 04 В 21/06.
14. Калинин В.А., Куников Б.Ц., Мельников Е.В., Реунова Е.В., Авсинеева Н.К. Технологические особенности формообразования теплоустойчивых композиций из микросфер // Применение пластмасс в промышленности: сб. трудов МВТУ им. Баумана, вып. 20. – М., 1984. – С. 26–31.
15. Rashidi S., Esfahani J.A., Karimi N. Porous materials in building energy technologies – A review of the applications, modelling and experiments, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 91, 2018, P. 229–247, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.092>.
16. Сорин М.Н., Куналова Т.П., Таоду А.Н., Криворучко П.П., Питак Н.В. Способ приготовления огнеупорного теплоизоляционного волокнистого материала // А.С. СССР № 1033487, от 31.03.82.
17. Сборник технологических инструкций. – Сухой Лог. – 1985.
18. Schramm M. HRSI and LRSI – the early years. *Ceramic Bull.*, 1981, V. 60, No 1, p. 1194–1195.
19. Leiser D.B., Smith M., Goldstein H.E. Developments in Fibrous Refractory Composite Insulation // *Am. Ceram. Soc. Bull.* 1981. V. 60. No 11. P. 1201–1204.
20. Исследование прочности и закономерности изменения механических свойств новых композиционных и тугоплавких материалов в широком диапазоне температур и скоростей нагружения с учетом конструктивно-технологических и других факторов, сопутствующих эксплуатации реальных изделий. – № гос. регистрации 77007301. – Киев, 1982. – кн. 3, 89 с.
21. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах. – М: Химия, 1982
22. Buckley I.D., Stronhal G., Ganaler I.I. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 1981, V. 60, № 11, p. 1196–1199.
23. Gent A.N., Thomas A.G. (1959), The deformation of foamed elastic materials. *J. Appl. Polym. Sci.*, Vol. 1, № 1, pp. 107–113. doi: 10.1002/app.1959.070010117.
24. Ashby M.F., Medalist R.F.M. The mechanical properties of cellular solids, *Metallurgical Transactions A*, 1983, Vol. 14, №9, pp. 1755–1769.
25. Brezny, R. Green, D.J. Fracture Behavior of Open-Cell Ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*, 1989, Vol. 72, pp.1145–1152. doi: 10.1111/j.1151-2916.1989.tb09698.x.
26. Brezny, R., Green, D.J. The effect of cell size on the mechanical behavior of cellular materials, *Acta Metallurgica et Materialia*, Vol. 38, 12, 1990, pp. 2517–2526, doi:10.1016/0956-7151(90)90263-G.
27. Brezny, R. and Green, D.J. Factors Controlling the Fracture Resistance of Brittle Cellular Materials. *Journal of the American Ceramic Society*, 1991, Vol. 74, p.1061–1065. doi: 10.1111/j.1151-2916.1991.tb04343.x.
28. Nanjangud, S.C., Brezny, R. and Green, D. J. (1995), Strength and Young's Modulus Behavior of a Partially Sintered Porous Alumina. *Journal of the American Ceramic Society*, 78: 266–268. doi: 10.1111/j.1151-2916.1995.tb08401.x.
29. Huang, J.S., Gibson, L.J. Fracture toughness of brittle honeycombs, *Acta Metallurgica et Materialia*, Vol. 39, 7, 1991, P. 1617–1626, doi:10.1016/0956-7151(91)90249-Z.
30. Huang, J.S., Gibson, L.J. Fracture toughness of brittle foams, *Acta Metallurgica et Materialia*, Vol. 39, 7, 1991, P. 1627–1636, doi:10.1016/0956-7151(91)90250-5.

31. Huang, J.S., Gibson, L.J. Optimum cell size and density of brittle foams, *Journal of Materials Science Letters*, 1993, Vol. 12, 8, pp. 602–604, DOI: 10.1007/BF00278338.
32. Triantafyllou, T.C., Gibson, L.J. Multiaxial failure criteria for brittle foams, *International Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 32, 6, 1990, P. 479–496, doi:10.1016/0020-7403(90)90154-B.
33. Vedula V.R., Green D.J., Hellman J.R. Thermal fatigue resistance of open cell ceramic foams, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 18, 14, 1998, P. 2073–2080, doi:10.1016/S0955-2219(98)00159-9.
34. Vedula V.R., Green, D.J., Hellman, J.R., Segall, A.E. Test methodology for the thermal shock characterization of ceramics, *Journal of Materials Science* 1998, Vol. 33, 22, pp. 5427–5432, DOI: 10.1023/A:1004410719754.
35. Scheffler M., Colombo P. (Eds.) *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications*. 2005, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 3-527-31320-6, 645 p.
36. Maxwell, J.C. L. On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1864, Vol. 27, 182, p. 294–299. doi:10.1080/14786446408643668.
37. Calladine, C.R. *Theory of Shell Structures*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1983.
38. Pellegrino S., Calladine C.R. Matrix analysis of statically and kinematically indeterminate frameworks, *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 22, 4, 1986, P. 409–428. doi:10.1016/0020-7683(86)90014-4.
39. Deshpande V.S., Ashby M.F., Fleck N.A. Foam topology: bending versus stretching dominated architectures, *Acta Materialia*, Vol. 49, 6, 2001, P. 1035–1040. doi:10.1016/S1359-6454(00)00379-7.
40. Deshpande V.S., Fleck N.A., Ashby M.F. Effective properties of the octet-truss lattice material, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, Vol. 49, 8, 2001, P. 1747–1769, doi:10.1016/S0022-5096(01)00010-2.
41. Guest S.D. Tensegrities and rotating rings of tetrahedra: a symmetry viewpoint of structural mechanics, *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 2000, Vol. 358, p. 229–243. DOI: 10.1098/rsta.2000.0529.
42. Yablonovitch E., Gmitter T.J. Photonic band structure: The face-centered-cubic case, *Phys. Rev. Lett.* Vol. 63, 18, (1989) p. 1950.
43. Yablonovitch E. Photonic band-gap structures, *Journal of the Optical Society of America B*, Vol. 10, 2, pp. 283–295, (1993), doi: 10.1364/JOSAB.10.000283.
44. Sajeev J., Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices, *Phys. Rev. Lett.* 58, 2486 (1987).
45. Colvin V.L. From Opals to Optics: Colloidal Photonic Crystals, *MRS Bulletin*, Vol. 26, No 8, 2001, pp. 637–641, DOI: <http://dx.doi.org/10.1557/mrs2001.159>.
46. Biswas R., Sigalas M.M., Subramania G., Ho K.-M., Photonic band gaps in colloidal systems, *Phys. Rev. B*, Vol. 57, 7 (1998) p. 3701.
47. Busch K., Sajeev J., Photonic band gap formation in certain self-organizing systems, *Phys. Rev. E*, Vol. 58, 3 (1998), p. 3896.
48. Jiang P., Hwang K.S., Mittleman D.M., Bertone J.F., and Colvin V.L., Template-Directed Preparation of Macroporous Polymers with Oriented and Crystalline Arrays of Voids, *Journal of the American Chemical Society* 1999 121 (50), 11630–11637, DOI: 10.1021/ja9903476.
49. Park S.H., Xia Y., Fabrication of Three-Dimensional Macroporous Membranes with Assemblies of Microspheres as Templates, *Chem. Mater.*, 1998, 10 (7), pp. 1745–1747, DOI: 10.1021/cm9801993.
50. Deutsch, M., Vlasov, Yu. A. and Norris, D. J. (2000), Conjugated-Polymer Photonic Crystals. *Adv. Mater.*, 12: 1176–1180. doi:10.1002/1521-4095(200008)12:16<1176::AID-ADMA1176>3.0.CO;2-H.
51. Blanco A., Chomski E., Grubbs S., Ibasatge M., John S., Leonard S.W., Lopez C., Mesegeur F., Miguez H., Mondia J.P., Ozin G.A., Toader O., and van Driel H.M., Large-scale synthesis of a silicon photonic crystal with a complete three-dimensional bandgap near 1.5 micrometres, *Nature*, Vol. 405 №6785, (2000), p. 437. doi:10.1038/35013024.
52. Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. *Благородные опалы, их синтез и генезис в природе*. — Новосибирск: Наука, 1980. 64 с.

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

Статья поступила в редакцию: 05.11.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 20.11.2019.

Статья принята к публикации: 24.11.2019.



The influence of nano-additives in the synthesis of eco-friendly polyester plasticizers

A.K. Mazitova , I.N. Vikhareva* , G.K. Aminova, J.N. Savicheva, N.B. Gareeva, I.R. Shaikhullin

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia

*Corresponding author: e-mail: vikhir@yandex.ru

© Authors, 2020

ABSTRACT: Plasticized polymer materials are widely used in all spheres of human life. The most common plasticizers are aromatic compounds-esters of *o*-phthalic acid. However, their use was limited in accordance with the EU Directive REACH (2009) due to possible toxicity, which contributed to the development of new non-toxic alternatives, which include polyester plasticizers.

Polyester plasticizers are classified as special purpose plasticizers. Due to the wide variety of starting materials and the ability to vary the size of the molecule, a wide range of plasticizers can be synthesized. These are mainly polyesters of polyatomic alcohols esterified with dibasic acids and modified with monocarboxylic acid or aliphatic alcohol. Polyesters-based plasticizers contribute to the production of PVC compositions with improved properties such as low volatility, resistance to extraction, excellent flexibility, wear resistance, UV resistance and heat resistance. Also, such plasticizers exhibit an excellent non-sweating property of plastics.

This paper describes a method for preparing a polyester compound propylene glycol adipate modified with cyclohexanecarboxylic acid, proposed as a plasticizer of polyvinyl chloride. Conditions of its production with maximum output are given. Physical and chemical properties of the resulting compound were studied. The formulation of PVC-composition on the basis of the received polyester plasticizer is offered. The results of tests of PVC plastic according to state standard 5960-72 are presented. It is shown that the use of propylene adipate modified with cyclohexanecarboxylic acid provides a plasticizing efficiency as high as DOP, while having a reduced migration. This fact allows us to use the developed polyester plasticizer as a non-toxic alternative to industrial PVC plasticizers. It has been found that the use of calcium adipate nano quantities in the production of propylene glycol adipate increases the yield of the desired ester and improves the physical and mechanical properties of PVC plastic.

KEYWORDS: adipic acid, cyclohexanecarboxylic acid, cyclohexanoate, esterification, modifying groups, polyester plasticizer, polyvinyl chloride, 1,2-propanediol, propylene adipate, stabilizer.

FOR CITATION: Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Savicheva Ju.N., Gareeva N.B., Shaikhullin I.R. The influence of nano-additives in the synthesis of eco-friendly polyester plasticizers. *Nanotechnologies in Construction*. 2020, Vol. 12, no.1, pp. 21–26. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-21-26.

INTRODUCTION

Polyvinyl chloride is the only large-capacity polymer that is less dependent on the oil market: PVC production consumes no more than 4 % of the world's oil [1]. In addition, about 30% of chlorine produced as a by-product is involved in the production of PVC, which serves to improve the environmental situation [2–5].

PVC is a universal polymer, the products of which are characterized by durability, resistance to climatic conditions, low flammability [6–8]. A wide range of areas of its application is also due to the fact that polyvinyl chloride is a material that, after molding the product, retains the ability to be recycled [9–15].

The unique combination of properties and low price contributes to the further growth of the use of polyvinyl chloride [3]. The most important additives necessary for processing polyvinyl chloride are plasticizers [16–20]. Traditional phthalate plasticizers are the most widely used all over the world. But their use is gradually limited due to toxicity. The main direction for the replacement of phthalates is the development of non-toxic plasticizers, which are obtained on the basis of adipic and citric acids, polyesters and epoxy compounds [21–28]. Polyester plasticizers based on adipic acid are characterized by high performance, low extractability from the polymer to water and cleaning solutions, organic solvents; oil and gasoline resistance, and minimal migration from the polymer to

other materials that are in contact with it, as well as low water absorption, increased thermal stability [29]. This type of plasticizers is used in products that have high requirements for toxic safety, such as food packaging, beverage tubes, medical and health products, interior items, children's toys, wires and cables [30–31].

Thus, there is still a need for polyester plasticizers, which show the optimal combination of plasticization and the necessary properties of PVC plastics, since too large a molecular weight of the polyester plasticizer can degrade the properties of PVC plastic, for example, increase the viscosity and processing time of the composition, and also leads to a decrease in plasticity. Therefore, the adjustment of the structure of the polyester oligomer is an important condition for the development of this type of plasticizers.

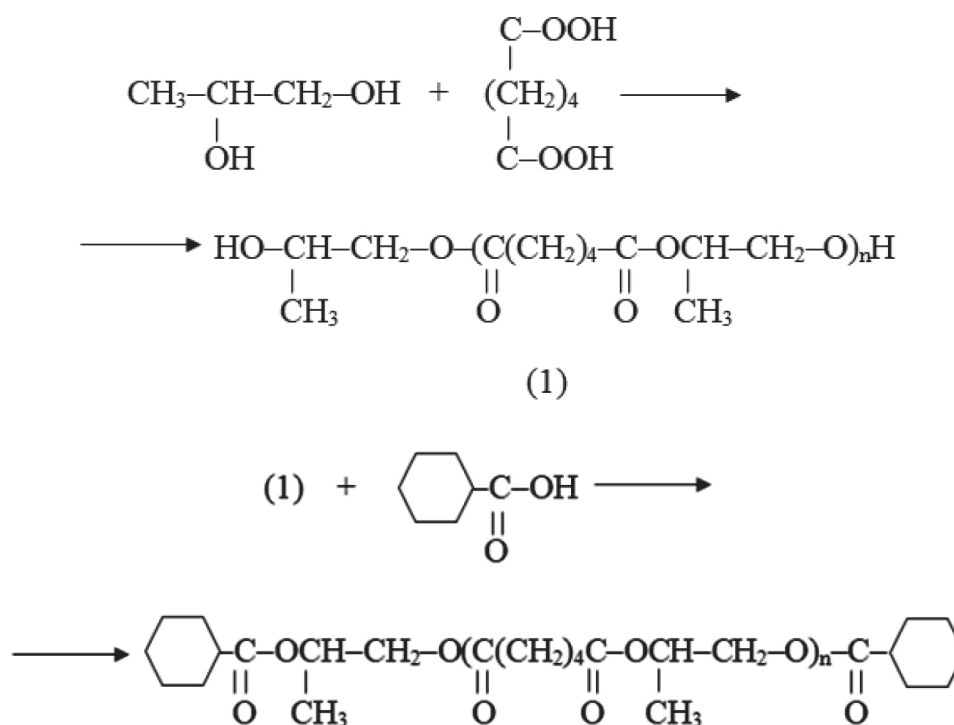
In this regard, we obtained and tested a new polyester plasticizer with low toxicity and migration, and also investigated the effect of small amounts of calcium adipate on the yield of the target compound during

synthesis and the physical and mechanical parameters of PVC plastic.

MAIN PART

Previously, we have obtained and described alkoxyated alcohol adipates [32–33]. This paper presents a synthesis method and some physicochemical properties of a new polyester compound – poly(1,2-propylene glycol) adipate with terminal cyclohexanoate groups. It is shown that the use of nano quantities of calcium adipate in the preparation of this compound increases the yield of the target ester and improves the properties of the obtained PVC plastics. The results of tests of the developed polyester plasticizer in PVC composition for construction purposes are presented.

The target polyester plasticizer was prepared in two stages. The general scheme of obtaining poly(1,2-propylene glycol) adipate modified with cyclohexanecarboxylic acid has the following form:



Synthesis of the polyester plasticizer was carried out by a two-stage method of condensation telomerization, since in this case oligoesters are more homogeneous in molecular weight and with a lower content of diesters compared to the one-stage method [34]. First, polycondensation of 1,2-propanediol and adipic acid was performed to obtain an oligoester with terminal hydroxyl groups, and then the resulting oligomer was esterified with cyclohexanecarboxylic acid.

Method of preparation of polyester oligomer poly(1,2-propylene glycol) adipate

In a round bottom flask equipped with a magnetic stirrer, distillation column filled with a six-inch mesh of stainless steel distillation head with receiving flask and an inlet for nitrogen (100 ml/min) load 146 g (1 mol) of adipic acid, 119,2 g (1.6 mol) 1,2-propanediol, 0.44 g (0.3% wt. in relation to the mass of adipic acid) of cal-

Table 1

Physical and chemical properties poly (1,2-propylene glycol) adipate/dicyclohexanoate (PPA/DCG)

	Indicators				
	Acid number, mg KOH/g	d_{4}^{20}	n_D^{20}	Flash point, °C	Pour point, °C
PPA/DCG	0.30	1.0150	1.4420	245	–43

cium adipate and catalyst 0.49 g of tetrabutoxytitanium (C_4H_9O)₄Ti and 0.98 g of activated carbon. The amount of catalyst is calculated 0.33% wt. in relation to the mass of adipic acid, the amount of activated carbon – 0.66% wt. The reaction mixture is heated to a temperature of 180°C and gradually bring the temperature to 220°C at a speed of 10°C/h. For distillation of the reaction water, a circulating entraining agent (toluene) is used. Stirring at this temperature is carried out for two hours. Then, as the process deepens, the pressure is gradually lowered from 120 mm Hg up to 10 mm Hg. Hold the pressure at 10 mm Hg then, bring to the degree of acidity of the target product – 3 mg KOH/g. Then the resulting product is filtered at a temperature of 170–180°C and cooled to room temperature.

The resulting ester is a viscous yellow liquid.

Method of preparation of polyester oligomer of poly(1,2-propylene glycol) adipate modified with cyclohexanecarboxylic acid

In a round-bottomed flask equipped with a stirrer, a thermometer, a reverse refrigerator, the calculated amount of cyclohexanecarboxylic acid and the resulting oligoester is loaded at a molar ratio of 1:2,2. The process is carried out at a temperature of 80–90°C and at a residual pressure of 0.14–0.4 atm in the presence of a catalyst, 0.49 g of tetrabutoxytitanium (C_4H_9O)₄Ti and 0.98 g of activated carbon. The amount of catalyst is calculated 0.33% wt in relation to the mass of adipic acid, the amount of activated carbon – 0.66% wt. To facilitate the distillation of the released water, nitrogen is passed through the reaction mass in a small amount. Synthesis in the presence of a catalyst is completed in 4 hours. Upon completion of the synthesis, the volatile components, including the entrainment agent, are distilled with acute superheated steam. Dicyclohexanoate obtained is treated with water to transfer the titanium compounds in the insoluble form. The finished ester is purified from activated carbon by filtration.

Physical and chemical properties of synthesized polyester are given in table 1.

The resulting product has a high flash point and a low pour point, the acid number meets the requirements for ester plasticizers.

DISCUSSION OF RESULTS

The sample with the developed plasticizer was tested in a PVC composition for construction purposes (table 2).

To determine the effectiveness of the developed plasticizer, the optimal ratio of plasticizer: PVC was determined, at which the best characteristics of PVC-plasticate are achieved. Shore a hardness of plasticizer concentration (plasticizer : PVC – 1:100) – 84.

Table 2

The formulation of PVC composition

Structure of composition	Mass parts
PVC	100
Plasticizer	70
Epoxidized soybean oil	5
Stabilizer	2
Calcium adipate	0.4

Based on the calculation of the quantitative substitution factor (FS), which determines the required amount of poly(1,2-propylene glycol) adipate /dicyclohexanoate in comparison with dioctyl phthalate (DOP) and provides the necessary hardness of flexible PVC at room conditions, it was found that the resulting compound is not inferior to DOP in plasticizing efficiency.

The resulting sample of plastic was tested in PVC composition for construction purposes according to state standard 5960–72. DOP was selected as a control sample. The test results are given in table 3.

Hygienic parameters were determined according to state standard R 50962–96: smell, taste, color change and transparency of water extract (table 3).

Table 3

The test results plasticizer in the formulation of cable plastic grade O-40

Indicators	Plasticizer		
	Norm according state standart 5960-72 (1 class)	Control sample	PPA/DCG
Specific volume electric. resistance at 20°C, Ohm • cm	not less $1 \cdot 10^{10}$	$9.0 \cdot 10^{12}$	$4.5 \cdot 10^{13}$
Tensile strength, kgf/cm ²	not less 110	147	248
Thermal stability at 180°C, min	state standart 14041-91	2 h 15 min	2 h 25 min (2 h 15 min)*
Temperature of fragility, °C	Not above –40	Stand the test	Stand the test
Water absorption, %	Not above 0.45	0.08	0.05
Weight loss at 160°C for 6 hours, %	Not above 3.0	2.2	0.7
Gas resistance (weight loss after holding at 25°C for 48 h), %	state standart 12020-2018	Not above 10	6.0
Oil resistance (weight loss after maintenance at 25°C for 48 h), %	state standart 12020-2018	Not above 10	9.0
Hygienic parameters	state standart R 50962-96	—	Stand the test

* – PVC plastic that does not contain calcium adipate.

From the given data it is visible that the offered plasticizer does not concede to the control sample on the basic physical and mechanical indicators and corresponds to state standard; the introduction of nano quantities of calcium adipate improves some of the physical and mechanical properties of PVC plastic, namely the thermal stability index.

SUMMARY

Thus, the resulting PVC composition with the developed polyester plasticizer poly(1,2-propylene glycol) adipate modified with cyclohexanecarboxylic acid

is not inferior to the control sample in terms of basic physical and mechanical parameters and is a non-toxic alternative to traditional phthalate plasticizers. The new plasticizer is characterized by low extractability and migration from the polymer to other materials in contact with it, which ensures the stability of the plastic and the constancy of performance characteristics. The use of nano quantities of calcium adipate in the preparation of a polyester plasticizer increases the yield of the target ester, as well as improves the thermal stability of the developed cable plastic formulation. Probably, there is a synergy between the action of the nano-additive and the used stabilizer.

REFERENCES

1. Ul'yanov V.M., Rybkin E.P., Gudkovich A.D., Pishin G.A. Polivinilkhlorid [Polyvinylchloride]. Moscow, Khimiya, 2000. 288 p. (In Russian).
2. Fadina Yu.I. Analiz rossiiskogo rynka polimerov i dal'neishie puti ego razvitiya [Analysis of the Russian polymer market and its further development] // Biznes-obrazovanie v ekonomike znaniy = Business Education in the Knowledge Economy. 2017, no. 1, pp. 99–101.
3. Obzory Rynka INVENTRA: Polivinilkhlorid (PVKh-S). Itogi goda 2018 [INVENTRA Market Reviews: Polyvinyl Chloride (PVC-C). Results of the year 2018]. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/671/>.

4. Pomerantsev E.G. Ekologicheskie problemy proizvodstva, pererabotki, potrebleniya i utilizatsii PVKh i izdelii iz nego (obzor) [Environmental problems of production, processing, consumption and disposal of PVC and its products (overview)]. *Plasticheskie massy* = *Plastics*. 1995, no. 2.
5. Kovriga V.V. Polivinilkhlорid – yasnaya ekologicheskaya perspektiva [Polyvinyl Chloride – Clear Environmental Outlook]. *Plasticheskie massy* = *Plastics*. 2007, no. 7, pp. 52–54.
6. Uilki Ch., Sammers D., Daniels Ch. Polivinilkhlорid [Polyvinylchloride]. St. Petersburg, Professiya, 2007. 728 p.
7. Mazitova A.K., Aminova G.K., Nafikova R.F., Deberdeev R.Ya. Osnovnye polivinilkhlорidnye kompozitsii stroitel'nogo naznacheniya [Basic polyvinyl chloride building compositions]. Ufa, 2013. 130 p.
8. Wilkes C.E., Summers J.W., Daniels C.A., Berard M.T. PVC Handbook. Hanser Publications, 2005. 723 p.
9. Moroz P.A., Askadskii A.A., Matseevich T.A., Solov'eva E.V., Askadskii A.A. Primenenie vtorichnykh polimerov dlya proizvodstva drevesno-polimernykh kompozitov [Use of secondary polymers for the production of wood-polymer composites]. *Plasticheskie massy* = *Plastics*. 2017, no. 9–10, pp. 56–62.
10. Vagner A. Otkhody PVKh: neobkhodim retsikling [PVC waste: recycling required]. *Tverdye bytovye otkhody* = *Municipal solid waste*. 2015, no. 11, pp. 11.
11. The European PVC industry commitment to Sustainability. *Vinyl* 2010. 2011, 32 p.
12. Erenkov O.Yu., Bogachev, A.P., Polyakova, A.A. Povyshenie effektivnosti vtorichnoi pererabotki otkhodov plastmass [Improving Recycling of Plastic Waste]. *Uchenye zametki TOGU* = *Scientific notes POSU*. 2014, Vol. 5, no. 1, pp. 48–54.
13. Incentives to collect and recycle. *Recovinyl.com*. Retrieved on 28 January 2016. URL: <https://www.recovinyl.com/>.
14. URL: <https://vinylplus.eu/progress/annual-progress/>.
15. Potapova E.V. Problema utilizatsii plastikovykh otkhodov [Problem of plastic waste disposal]. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta* = *News of Baikal State University*. 2018, Vol. 28, no. 4, pp. 535–544.
16. Erythropel H.C., Maric M., Nicell J.A., Leask R.L., Yargeau V. Leaching of the plasticizer di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) from plastic containers and the question of human exposure. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2014, Vol. 98, no. 24, pp. 9967–9981.
17. 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.
18. Mazitova A.K., Nafikova R.F., Aminova G.K. Plastifikatory polivinilkhlорida [Polyvinylchloride plasticizers]. *Nauka i epokha: monografiya; pod obshchei red. prof. O.I. Kirikova. Voronezh*. 2011, pp. 277–297.
19. 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.
20. Mazitova A.K., Aminova G.K., Maskova A.R., Sabitov I.N., Nedoseko I.V. Novye plastifikatory polivinilkhlорida [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.
21. Lithner D., Larsson A., Dave G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci. Total Environ.* 2011, Vol. 409, no. 18, pp. 3309–3324.
22. Hines C.J., Hopf N.B., Deddens J.A., Silva M.J., Calafat A.M. Occupational exposure to diisononyl phthalate (Di NP) in polyvinyl chloride processing operations. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2012, Vol. 85, no. 3, pp. 317–325.
23. Chiellini F., Ferri M., Morelli A., Dipaola L., Latini G. Perspectives on alternatives to phthalate plasticized poly(vinyl chloride) in medical devices applications. *Prog. Polym. Science*. 2013, Vol. 38, no. 7, pp. 1067–1088.
24. Vikhareva I.N., Builova E.A., Gatiyatullina D.R., Arslanov V.R., Gilem'yanov D.A., Mazitova A.K. Sintez i svoystva slozhnykh efirov adipinoy kisloty [Synthesis and properties of adipic acid esters]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* = *Bashkir chemical journal*. 2019, Vol. 26, no. 2, pp. 33–36.
25. Vieira M.G.A., Silva M.A.D., Santos L.O., Beppu M.M. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *Eur. Polym. J.* 2011, Vol. 47, pp. 254–263.
26. Vijayendran B.R., Benecke H., Elhard J.D., McGinniss V.D., Ferris K.F. Environmentally Friendly Plasticizers for Polyvinyl Chloride (PVC). *Resins Antec*, Dallas, Texas. 2001, 604 p.
27. Perry N.L. Exopy plasticizers-stabilizers. *Ind. Eng. Chem.* 1958, Vol. 50, pp. 862.
28. Tricresyl phosphate. International Program on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 110. URL: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc110.htm>.
29. An Y., Ding Y., Tan J., Yang W. Influences of polyester plasticizers on the properties of oil resistance flexible poly(vinyl chloride) and powder nitrile butadiene rubber blends. *Adv. Sci. Lett.* 2011, Vol. 4, pp. 875–879.
30. Noti A.F., Grob K. Migration of plasticizers from PVC gaskets of lids for glass jars into oily foods: Amount of gasket material in food contact, proportion of plasticizer migrating into food and compliance testing by simulation. *Trends Food Sci. Technol.* 2006, Vol. 17, pp. 105–112.
31. Audic J.L., Brosse J.C. Migration of additives from food grade polyvinyl chloride (PVC) films: Effect of plasticization by polymeric modifiers instead of conventional plasticizers. *J. Appl. Polym. Sci.* 2003, Vol. 89, no. 5, pp. 1291–1299.
32. Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Builova E.A., Distanov R. Sh. Issledovanie vliyaniya kolichestva dobavok na svoystva efirov adipinoy 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.

33. 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.

34. Ovchinnikov Yu.V., Stesikov V.P., Stupen' P.V. Vysokomolekulyarnye soedineniya [High-molecular compounds]. 1973, Vol. 15, seriya B, 278–282 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aliya K. Mazitova, Dr. Sci.(Chem.), Professor, Head of Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendelev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; elenaasf@yandex.ru;

Irina N. Vikhareva, Assistant, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendelev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; vikhir@yandex.ru;

Guliya K. Aminova, Dr. Sci.(Eng), Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendelev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; aminovagk@inbox.ru;

Julia N. Savicheva, Lecturer, Camd. Sci. (Eng.), Technological machines and equipment Department, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062; uldgan@rambler.ru;

Natalia B. Gareeva, Dr. Sci.(Eng), Professor, Roads and construction technology Department, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062; tsp@list.ru;

Irek R. Shaikhullin, Camd. Sci. (Eng.), Associate Professor, Roads and construction technology Department, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov St., 1, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450062; adtsp@yandex.ru

Received: 10.01.2020.

Revised: 23.01.2020.

Accepted: 28.01.2020.



Влияние нанодобавок при получении экологичных полиэфирных пластификаторов

А.К. Мазитова , И.Н. Вихарева* , Г.К. Аминова, Ю.Н. Савичева, Н.Б. Гареева, И.Р. Шайхуллин

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

*Контакты: e-mail: vikhir@yandex.ru

© Коллектив авторов, 2020

РЕЗЮМЕ: Пластифицированные полимерные материалы находят широкое применение во всех сферах жизнедеятельности человека. Наиболее распространенными пластификаторами являются ароматические соединения – сложные эфиры о-фталевой кислоты. Однако применение их было ограничено в соответствии с директивой ЕС REACH (2009) по причине возможной токсичности, что способствовало разработке новых нетоксичных альтернатив, к которым причисляют полиэфирные пластификаторы.

Полиэфирные пластификаторы относятся к категории пластификаторов специального назначения. Вследствие большого разнообразия исходного сырья и возможности варьирования размеров молекулы можно синтезировать широкий спектр пластификаторов. Это в основном сложные полиэфиры многоатомных спиртов, этерифицированных двухосновными кислотами и модифицированные монокарбоновой кислотой или алифатическим спиртом. Пластификаторы на основе сложных полиэфиров способствуют получению ПВХ-композиций с улучшенными свойствами, такими как низкая летучесть, стойкость к экстракции, превосходная гибкость, износостойкость, стойкость к ультрафиолетовому излучению и теплоустойчивость. Также подобные пластификаторы демонстрируют превосходное свойство отсутствия выпотевания из пластиков. В данной работе описан метод получения полиэфирного соединения пропиленгликольадипината, модифицированного циклогексанкарбоновой кислотой, предложенного в качестве пластификатора поливинилхлорида. Приведены условия его получения с максимальным выходом. Изучены физико-химические свойства полученного соединения. Предложена рецептура ПВХ-композиции на основе полученного полиэфирного пластификатора. Представлены результаты испытаний ПВХ-пластиката по ГОСТ 5960-72. Показано, что применение пропиленгликольадипината, модифицированного циклогексанкарбоновой кислотой, обеспечивает пластифицирующую эффективность столь же высокую, как и ДОФ, обладая при этом пониженной миграцией. Данный факт позволяет использовать разработанный полиэфирный пластификатор в качестве нетоксичной альтернативы промышленным пластификаторам ПВХ. Обнаружено, что применение нанокolicеств адипината кальция при получении пропиленгликольадипината увеличивает выход целевого эфира и улучшает физико-механические показатели ПВХ-пластиката.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адипиновая кислота, модифицирующие группы, поливинилхлорид, полиэфирный пластификатор, 1,2-пропандиол, пропиленгликольадипинат, стабилизатор, циклогексанкарбоновая кислота, циклогексаноат, этерификация.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Аминова Г.К., Савичева Ю.Н., Гареева Н.Б., Шайхуллин И.Р. Влияние нанодобавок при получении экологичных полиэфирных пластификаторов // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 21–26. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-21-26.

ВВЕДЕНИЕ

Поливинилхлорид – единственный крупнотоннажный полимер, менее зависящий от рынка нефти: на производство ПВХ расходуется не более 4% добываемой в мире нефти [1]. Кроме того, в производстве ПВХ задействовано около 30% производимого в качестве побочного продукта хлора, что служит улучшению экологической обстановки [2–5].

ПВХ – это универсальный полимер, продукция из которого отличается долговечностью, стойкостью к климатическим условиям, низкой воспламеняемостью [6–8]. Широкий спектр областей его применения обусловлен также тем, что поливинилхлорид – материал, который после формования изделия сохраняет способность к вторичной переработке [9–15].

Уникальное сочетание свойств и невысокой цены способствует дальнейшему росту применения по-

ливинилхлорида [3]. Наиболее важными добавками, необходимыми для переработки поливинилхлорида являются пластификаторы [16–20]. Традиционные, фталатные пластификаторы наиболее широко используются во всем мире. Но применение их постепенно ограничивается по причине токсичности. Основным направлением для замены фталатов является разработка нетоксичных пластификаторов, которые получают на основе адипиновой и лимонной кислот, сложных полиэфиров и эпоксидных соединений [21–28]. Полиэфирные пластификаторы на основе адипиновой кислоты характеризуются высокими эксплуатационными характеристиками, низкой экстрагируемостью из полимера в воду и моющие растворы, органические растворители; масло- и бензостойкостью и минимальной миграцией из полимера в другие материалы, которые находятся в контакте с ним, а также низким водопоглощением, увеличением термостабильности [29]. Данный тип пластификаторов применяют в изделиях, к которым предъявляются высокие требования токсической безопасности, таких как упаковка пищевых продуктов, трубочки для напитков, в медицинских и оздоровительных продуктах, предметы интерьера, детские игрушки, провода и кабели [30–31].

Таким образом, сохраняется потребность в полиэфирных пластификаторах, которые показывают оптимальное сочетание пластификации и необходимых свойств ПВХ-пластиков, поскольку слишком большая молекулярная масса полиэфирного пластификатора может ухудшать свойства ПВХ-пластика,

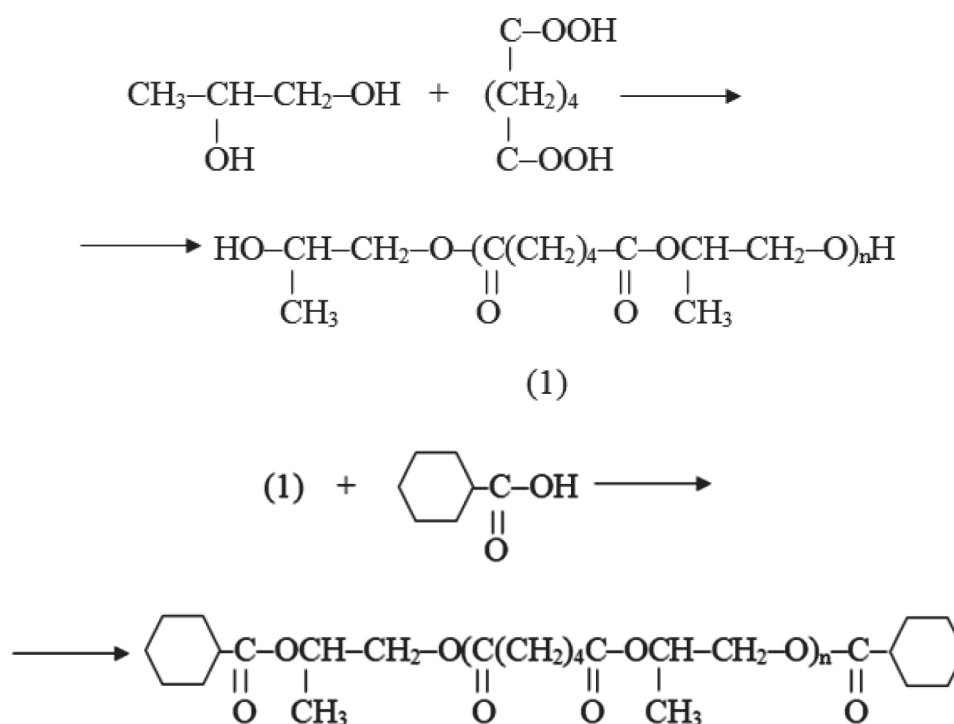
например, увеличивать вязкость и время обработки композиции, а также приводит к снижению пластичности. Поэтому корректировка структуры полиэфирного олигомера является важным условием для разработки данного типа пластификаторов.

В связи с этим нами получен и испытан новый полиэфирный пластификатор, обладающий низкой токсичностью и миграцией, а также в работе исследовано влияние небольших количеств адипината кальция на выход целевого соединения при проведении синтеза и физико-механические показатели ПВХ-пластика.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ранее нами были получены и описаны адипинаты оксиалкилированных спиртов [32–33]. В данной работе приведен метод синтеза и некоторые физико-химические свойства нового полиэфирного соединения – пропиленгликольадипината с концевыми циклогексаноатными группами. Показано, что применение нанок количеств адипината кальция при получении данного соединения увеличивает выход целевого эфира и улучшает свойства полученных ПВХ-пластиков. Приведены результаты испытаний разработанного полиэфирного пластификатора в ПВХ-композиции строительного назначения.

Целевой полиэфирный пластификатор получали в две стадии. Общая схема получения пропиленгликольадипината, модифицированного циклогексанкарбоновой кислотой, имеет следующий вид:



Синтез полиэфирного пластификатора осуществляли двухстадийным способом конденсационной теломеризации, поскольку в данном случае получают олигоэфиры более однородные по молекулярной массе и с меньшим содержанием диэфиров по сравнению с одностадийным способом [34]. Сначала проводили поликонденсацию 1,2-пропандиола и адипиновой кислоты с получением олигоэфира с концевыми гидроксильными группами, а затем этерифицировали полученный олигомер с циклогексанкарбоновой кислотой.

Методика получения полиэфирного олигомера пропиленгликольадипината

В круглодонную колбу, снабженную магнитной мешалкой, дистилляционной колонкой, заполненной шестидюймовой сеткой из нержавеющей стали, дистилляционной насадкой с приемной колбой и впускным отверстием для подачи азота (100 мл/мин) загружают 146 г (1 моль) адипиновой кислоты, 119,2 г (1,6 моль) 1,2-пропандиола, 0,44 г (0,3 % масс. по отношению к массе адипиновой кислоты) адипината кальция, катализатора 0,49 г тетрабутоксититана (C_4H_9O)₄Ti и 0,98 г активированного угля. Количество катализатора рассчитывают 0,33% масс. по отношению к массе адипиновой кислоты, количество активированного угля — 0,66% масс. Реакционную смесь нагревают до температуры 180°C и постепенно доводят температуру до 220°C со скоростью 10°C/ч. Для отгонки реакционной воды применяют циркулирующий увлекающий агент (толуол). Перемешивание при данной температуре осуществляют в течение двух часов. Затем по мере углубления процесса давление постепенно понижают со 120 мм рт.ст. до 10 мм рт.ст. Удерживая давление на уровне 10 мм рт.ст., доводят до степени кислотности целевого продукта — 3 мг КОН/г. Далее полученный продукт фильтруют при температуре 170–180°C и охлаждают до комнатной температуры.

Полученный эфир представляет собой вязкую жидкость желтого цвета.

Методика получения полиэфирного олигомера пропиленгликольадипината, модифицированного циклогексанкарбоновой кислотой

В круглодонную колбу, снабженную мешалкой, термометром, обратным холодильником, загружают расчетное количество циклогексанкарбоновой кислоты и полученного олигоэфира при мольном соотношении 1:2,2. Процесс проводят при температуре 80–90°C и при остаточном давлении 0,14–0,4 атм. в присутствии катализатора 0,49 г тетрабутоксититана (C_4H_9O)₄Ti и 0,98 г активированного угля. Количество катализатора рассчитывают 0,33% масс. по отношению к массе адипиновой кислоты, количество активированного угля — 0,66% масс. Для облегчения отгонки выделяющейся воды через реакционную массу в небольшом количестве пропускают азот. Синтез в присутствии катализатора завершается за 4 ч. По завершении синтеза летучие компоненты, включая увлекающий агент, отгоняют с острым перегретым паром. Полученный дициклогексаноат обрабатывают водой для перевода соединений титана в нерастворимую форму. Готовый эфир очищают от активированного угля путем фильтрации.

Физико-химические свойства синтезированного полиэфира приведены в табл. 1.

Полученный продукт обладает высокой температурой вспышки и низким значением температуры застывания, кислотное число соответствует требованиям, предъявляемым к сложноэфирным пластификаторам.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Образец с разработанным пластификатором был испытан в ПВХ-композиции строительного назначения (табл. 2).

Для определения эффективности разработанного пластификатора было определено оптимальное соотношение пластификатор : ПВХ, при котором достигаются наилучшие характеристики ПВХ-пластиката. Твердость по Шору А от концентрации пластификатора (пластификатор : ПВХ — 1:100) — 84.

Таблица 1

Физико-химические свойства полипропиленгликольадипината/дициклогексаноата (ППА/ДЦГ)

	Indicators				
	К.ч., мг КОН/г	d_{4}^{20}	n_D^{20}	Температура вспышки, °C	Температура застывания, °C
ППА/ДЦГ	0,30	1,0150	1,4420	245	–43

Таблица 2
Рецептура ПВХ-композиции

Состав композиции	Мас. части
ПВХ	100
Пластификатор	70
Эпоксидированное соевое масло	5
Стабилизатор	2
Адипинат кальция	0,4

На основании расчета количественного фактора замещения (ФЗ), определяющего требуемое количество полипропиленгликольадипината/ дициклогексаноата по сравнению с диоктилфталатом (ДОФ) и обеспечивающего необходимую твердость гибкого ПВХ при комнатных условиях, было установлено, что полученное соединение по пластифицирующей эффективности не уступает ДОФ.

Полученный образец пластика был испытан в ПВХ-композиции строительного назначения по

ГОСТ 5960-72. В качестве контрольного образца был выбран ДОФ. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Гигиенические показатели определяли по ГОСТ Р 50962-96: запах, привкус, изменение цвета и прозрачности водной вытяжки (табл. 3).

Из приведенных данных видно, что предложенный пластификатор не уступает контрольному образцу по основным физико-механическим показателям и соответствует ГОСТ; введение нанокolicеств адипината кальция способствует улучшению некоторых физико-механических показателей ПВХ-пластиката, а именно показателя термостабильности.

ВЫВОДЫ

Таким образом, полученная ПВХ-композиция с разработанным полиэфирным пластификатором полипропиленгликольадипинатом, модифицированным циклогексанкарбоновой кислотой, по основным физико-механическим показателям не уступает контрольному образцу и представляет собой нетоксичную альтернативу традиционным фталатным пластификаторам. Новый пластификатор характеризуется низкой экстрагируемостью и миграцией из полимера в другие контактирующие с ним материалы, что обеспечивает стойкость пластика

Таблица 3
Результаты испытаний пластификатора в рецептуре кабельного пластика марки О-40

Наименование показателей	Пластификатор		
	Норма по ГОСТ 5960-72 с изм. 1-9 (1 сорт)	Контрольный образец	ППА/ДЦГ
Удельное объемное электр. сопротивление при 20°C, Ом • см	не менее $1 \cdot 10^{10}$	$9,0 \cdot 10^{12}$	$4,5 \cdot 10^{13}$
Прочность при разрыве, кгс/см ²	не менее 110	147	248
Термостабильность при 180°C, мин	ГОСТ 14041-91	2 ч 15 мин	2ч 25 мин (2 ч 15 мин)*
Температура хрупкости, °C	не выше –40	выдерж.	выдерж.
Водопоглощение, %	не более 0,45	0,08	0,05
Потери в массе при 160°C в течение 6 ч, %	не более 3,0	2,2	0,7
Бензостойкость (потери веса после выдержки при 25°C в течение 48 ч), %	ГОСТ 12020-2018	не более 10	6,0
Маслостойкость (потери веса после выдержки при 25°C в течение 48 ч), %	ГОСТ 12020-2018	не более 10	9,0
Гигиенические показатели	ГОСТ Р 50962-96	—	выдерж.

* — ПВХ-пластикат, не содержащий адипинат кальция.

и постоянство эксплуатационных характеристик. Применение нанокolicеств адипината кальция при получении полиэфирного пластификатора способствует увеличению выхода целевого эфира, а также

улучшает показатель термостабильности разработанной рецептуры кабельного пластика. Вероятно, наблюдается синергизм действия нанодобавки и использованного стабилизатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянов В.М., Рыбкин Э.П., Гудкович А.Д., Пишин Г.А. Поливинилхлорид. — М.: Химия, 2000. — 288 с.
2. Фади́на Ю.И. Анализ российского рынка полимеров и дальнейшие пути его развития // Бизнес-образование в экономике знаний. — 2017. — № 1. — С. 99–101.
3. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/671/> Обзоры Рынка INVENTRA: Поливинилхлорид (ПВХ-С). Итоги года 2018.
4. Померанцев Э.Г. Экологические проблемы производства, переработки, потребления и утилизации ПВХ и изделий из него (обзор) // Пластические массы. — 1995. — № 2.
5. Коврига В.В. Поливинилхлорид — ясная экологическая перспектива // Пластические массы. — 2007. — № 7. — С. 52–54.
6. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид. — СПб.: Профессия, 2007. — 728 с.
7. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Нафикова Р.Ф., Дебердеев Р.Я. Основные поливинилхлоридные композиции строительного назначения. — Уфа, 2013. — 130 с.
8. Wilkes C.E., Summers J.W., Daniels C.A., Berard M.T. PVC Handbook / Hanser Publications, 2005. — 723 p.
9. Мороз, П.А., Аскадский, А.А., Мачеевич, Т.А., Соловьева, Е.В., Аскадский, А.А. Применение вторичных полимеров для производства древесно-полимерных композитов // Пластические массы. — 2017. — № 9–10. — С. 56–62.
10. Вагнер А. Отходы ПВХ: необходим рециклинг // Твердые бытовые отходы. — 2015. — № 11. — С. 11.
11. The European PVC industry commitment to Sustainability // Vinyl 2010. — 2011. — 32 p.
12. Еренков О.Ю., Богачев, А.П., Полякова, А.А. Повышение эффективности вторичной переработки отходов пластмасс // Ученые заметки ТОГУ. — 2014. — Т. 5, № 1. — С. 48–54.
13. Incentives to collect and recycle. Recoviny.com. Retrieved on 28 January 2016. URL: <https://www.recoviny.com/>.
14. URL: <https://vinylplus.eu/progress/annual-progress/>.
15. Потапова Е.В. Проблема утилизации пластиковых отходов // Известия Байкальского государственного университета. — 2018. — Т. 28, № 4. — С. 535–544.
16. Erythropel H.C. Maric, M. Nicell, J.A. Leask, R.L., Yargeau, V. Leaching of the plasticizer di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) from plastic containers and the question of human exposure // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2014. — Vol. 98, № 24. — P. 9967–9981.
17. 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, № 12. — P. 1223–1248.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Lithner D., Larsson A., Dave G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition // Sci. Total Environ. — 2011, Vol. 409, № 18. — P. 3309–3324.
22. Hines C.J., Hopf N.B., Deddens J.A., Silva M.J., Calafat A.M. Occupational exposure to diisononyl phthalate (Di NP) in polyvinyl chloride processing operations // Int. Arch. Occup. Environ. Health. — 2012. — Vol. 85, № 3. — P. 317–325.
23. Chiellini F., Ferri M., Morelli A., Dipaola L., Latini G. Perspectives on alternatives to phthalate plasticized poly(vinyl chloride) in medical devices applications // Prog. Polym. Sci. — 2013. — Vol. 38, № 7. — P. 1067–1088.
24. 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.
25. Vieira M.G.A., Silva M.A.D., Santos L.O., Beppu M.M. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review // Eur. Polym. J. — 2011. — Vol. 47. — P. 254–263.
26. Vijayendran B.R., Benecke H., Elhard J.D., McGinniss V.D., Ferris K.F. Environmentally Friendly Plasticizers for Polyvinyl Chloride (PVC). Resins Antec, Dallas, Texas, 2001. — 604 p.
27. Perry N.L. Exopy plasticizers-stabilizers // Ind. Eng. Chem. — 1958. — Vol. 50. — Pp. 862.

28. Tricresyl phosphate. International Program on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 110. URL: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc110.htm>.
29. An Y., Ding Y., Tan J., Yang W. Influences of polyester plasticizers on the properties of oil resistance flexible poly(vinyl chloride) and powder nitrile butadiene rubber blends // Adv. Sci. Lett. — 2011. — Vol. 4. — P. 875–879.
30. Noti A.F., Grob K. Migration of plasticizers from PVC gaskets of lids for glass jars into oily foods: Amount of gasket material in food contact, proportion of plasticizer migrating into food and compliance testing by simulation // Trends Food Sci. Technol. — 2006. — Vol. 17. — P. 105–112.
31. Audic J.L., Brosse J.C. Migration of additives from food grade polyvinyl chloride (PVC) films: Effect of plasticization by polymeric modifiers instead of conventional plasticizers. J. // Appl. Polym. Sci. — 2003. — Vol. 89, № 5. — P. 1291–1299.
32. 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.
33. Вихарева И.Н., Ильясова А.Д., Лихачёва О.Г., Запотьлок Г.Ю., Мазитова А.К. Ди-(2-этилгексилокси)этилади-пинаты. — Башкирский химический журнал. — 2019. — Том 26, № 2. — С. 90–91.
34. Овчинников Ю.В., Стесиков В.П., Ступень П.В. Высокомолекулярные соединения. — 1973. — Том 15, серия Б. — 278–282 с.

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;

Аминова Гулия Карамовна, д.т.н., профессор каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; aminovagk@inbox.ru;

Савичева Юлия Николаевна, к.т.н., преподаватель кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062; uldgan@rambler.ru;

Гареева Наталья Борисовна, д.т.н., профессор каф. «Автомобильные дороги и технология строительного производства», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062; tsp@list.ru;

Шайхуллин Ирек Ринатович, к.т.н., доцент каф. «Автомобильные дороги и технология строительного производства», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062; adtsp@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 10.01.2020.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 23.01.2020.

Статья принята к публикации: 28.01.2020.



Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part I

L.A. Ivanov^{1*}, E.S. Bokova², S.R. Muminova³, L.F. Katuhin⁴

¹ Russian Academy of Engineering, Moscow, Russia;

² A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia;

³ Russian State University of Tourism and Service; Cherkizovo, Moscow region, Russia;

⁴ JSC «UK InnInvest», Obninsk, Russia.

*Corresponding author: e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

© Authors, 2020

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 titanium carbide nanopowder» refers to inorganic chemistry and nanotechnology and can be used to produce wear-resistant abrasive materials, high-temperature ceramic materials and coatings, high-strength composite materials. The technical result is TiC nanopowder in free-filled condition in the form of particles with average size no less than 30 nm, as well as TiC nanopowder with controlled ratio titanium-carbon. All that boosts technical opportunities for its application.

The specialists can also be interested in the following inventions in the area of nanotechnologies: a method to obtain a mixture of micro- and nanoparticles of binary alloys, hydrocatalytic processes of recycling heavy oil fractions with the use of perspective nanosize catalysts, a method to produce graphene oxide, a method to decrease electrization of liquid hydrocarbons when applying them, a method to produce composite material boron-carbon, Modeling of static mixer (oil – water) performance for oil desalting and development test, a method of chromatographic separation of single layer carbon nanotubes by chirality and other.

KEYWORDS: nanotechnologies in construction, titanium carbide nanopowder, binary alloy nanoparticles, nanosize catalysts, carbon nanotubes.

FOR CITATION: Ivanov L.A., Bokova E.S., Muminova S.R., Katuhin L.F. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part I. Nanotechnologies in Construction. 2020, Vol. 12, no. 1, pp. 27–33. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33.

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 titanium carbide nanopowder (RU 2707596 C2)

The invention refers to inorganic chemistry and nanotechnology and can be used to produce wear-resistant abrasive materials, high-temperature ceramic materials and coatings, high-strength composite materials [1].

Laminar gas-carrier downflow 2 is supplied to vertical reactor (Fig. 1.) made of thermal-resistant dielectric

material. On top titanium wire is introduced into reactor, then it is heated in high-frequency field of counter-current inductor 3 up to melting temperature. A drop of melted titanium 4 is obtained at the end of the wire, after that the drop is hanged without contact between spirals of countercurrent inductor, then evaporation of metal titanium from surface of the drop is provided. The gas-carrier flow 2 continuously takes away titanium vapour from the drop 4, vapour condensation into titanium nanoparticles is performed in condensation zone 5 and then the particles are delivered in reaction zone 6 in which carbon-containing gas-reagent 7 is also supplied from leak 8. Obtained titanium carbide nanoparticles are transferred into cooling zone 9, they are caught with filter and thus final product in the form of titanium carbide nanopowder in free-fill condition is produced. The average size of the particles is no less than 30 nm and the ratio between titanium and carbon without halogen and oxygen is specified. Titanium evaporation from the drop 4 is compensated by continuous supplying titanium wire. A rare gas is used as gas-carrier, and hydrocarbon from alkane, alkylene and alkine class is used as a gas-reagent.

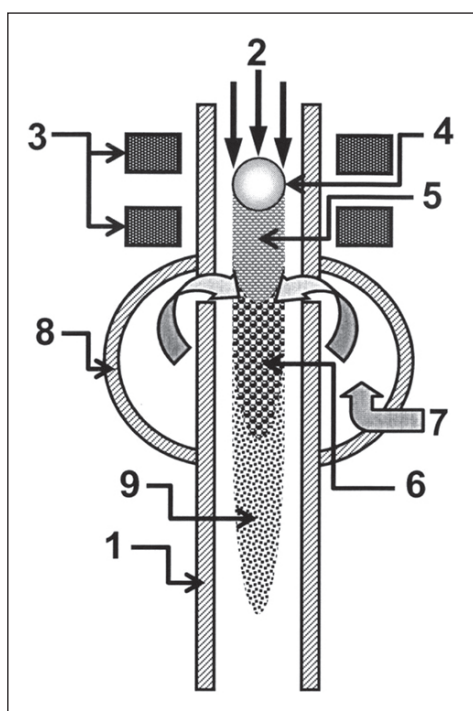


Fig. 1

The technical result is:

- facilitated technological cycle and provision of continuous production process for titanium carbide nanopowders;
- production of TiC nanopowder in free-fill form with the particles which size is no less than 30 nm, production of TiC nanopowder with specified ratio between

titanium and carbon. All that boosts technological opportunities and application areas of the nanopowder.

A method to produce ferrum-based composite material strengthened with metal nanopowder oxides (RU 2707686 C1).

The invention refers to the powder metallurgy, in particularly to the designed technology for production of steels strengthened with disperse nanooxides. The invention can be used in manufacture of high-strength constructional parts of railway rolling stock [2].

The technical result is reduced labour intensity, reduced technological process life, 20–30% increase of durability characteristic due to speeded rotation velocity of grinded device (bead mill) up to 3000 rpm, use of monodisperse heat resistant nanooxides obtained through high-energy impact on initial components.

The result described above is achieved due to the method of production of ferrum-based composite material strengthened with metal nanopowder oxides. The stages of the method: mechanical alloying of the mixture prepared from iron oxide powder which is unsteady under deformation and alloy-treated steel powder which is powder of the steel alloyed with yttrium and/or titanium, and/or wolfram, forming heat-resistant nanooxides.

A method to modify carbon nanotubes for hydrophilic or hydrophobic surfaces (RU 2707930 C1)

The invention refers to physics and nanotechnology and can be used in production of super condensers, filters and sensors [3]. To provide specified value for wetting angle carbon nanotubes are modified by bombarding flows of ions, for example, argon, helium, ferrum, carbon or terbium ions. An array of carbon nanotubes which diameter is 8–250 nm and density is 0,1–3 g/cm³ is used. To obtain carbon nanotubes which wetting angle is 180° a surface of nanotubes is bombarded with ions and value of displacement per atom (DPA) divided by average diameter of carbon nanotubes in the sample up to 0,0075 DPA/nm inclusive is provided at this. To obtain carbon nanotubes which wetting angle is less 90° nanocarbon surface is bombarded with ions and value of displacement per atom (DPA) divided by average diameter of carbon nanotubes in the sample more than 0,025 DPA/nm is provided. The invention makes it possible to control wettability of carbon nanotubes surface and obtain hydrophobic or hydrophilic coatings.

Spherical powder of pseudoalloy based on wolfram and a method to produce it (RU 2707455 C1)

The invention refers to spherical powder of pseudoalloy based on wolfram [4]. Granulation of nanosize

composite powder is performed. The nanosize composite powder consists of metal particles with size no less than 100 nm and it is obtained as a result of hydrogen reduction in thermal plasma of mixture of wolfram oxide powder with powder chosen from group including Ni, Fe, Co, Cu and Ag or powders of oxides of metal chosen from the given group. Then obtained powder granules are spheroidized by fluxing in thermal plasma. Obtained powder contains 3–50 mass. % of binder of metal chosen from group including Ni, Fe, Co, Cu and Ag or alloy of the metals chosen from the given group. The powder consists of spherical particles with size 20–70 μm , and possessing submicrone structure with evenly distributed wolfram granules which size is no more than 1 μm .

The advantage of the proposed method is explained by the opportunity to produce final micropowder of pseudoalloy consisting of spherical particles with sizes 5–100 μm , in which wolfram granules of submicronic size range are evenly distributed in metal binder matrix. This powder can be efficiently used in additive technologies to manufacture products of pseudoalloys with improved performance characteristics.

Thermostating device for conducting nanocalorimetric measurements in controlled atmosphere (RU 2707665 C1)

The claimed thermostating device for conducting nanocalorimetric measurements in controlled atmosphere sets nanocalorimetric sensor in the frame [5]. The device can be integrated into instruments used to measure thermal, physical and structural parameters of the samples. The case of the device can be coupled to connector and it has windows of X-ray transparent material in which nanocalorimetric sensor, Peltier rectangular element, heat removal plate made of thermal conductive material, liquid-cooling system embedded in the case are placed. There is a hole on the heat removal plate for radiation transport and a sensor with the studied sample is placed on the plate to provide active part of the sensor within the hole projection. The case is integrated with electric board to couple nanocalorimetric sensors. The technical result: improved applicability of nanocalorimetric methods due to heating the sample up to 450°C and cooling the sample to –20°C, as well as due to creation of controlled atmosphere inside the device (control of humidity and gas mixture content).

A method to produce functional coating based in aluminium-carbon nanotubes (RU 2709688 C1)

The invention refers to the method aimed at production of composite material for manufacturing functional coatings of aluminium and carbon nanofiber alloy and can be used in aircraft, space, shipbuilding and other industries [6]. The method includes following stages: supply

of powder by means of two dosing units into supersonic flow of heated gas with formation of heterophase stream and application of powder composition onto article surface. From the first dosing unit powder Al_2O_3 is introduced into the supersonic flow to process the article until juvenile surface is obtained, then powder composition is consistently applied with gas dynamic cold spray method. To apply the first wear-resistant layer from the second dosing unit composite powder material containing carbon and aluminium is introduced into the supersonic flow; to apply the second one – aluminium powder PA-4; to apply the third hardening layer – composite powder material containing carbon and aluminium; to apply the forth binding layer – aluminium powder PA-4 and to apply the fifth wear-resistant layer – composite powder material containing carbon and aluminium. The carbon content in the first layer is 0,4–0,6 mass. %, Al and inevitable admixtures is the rest; the carbon content in the third layer is 0,5–1 mass. %, Al and inevitable admixtures is the rest; the carbon content in the fifth layer is 0,6–1,6 mass. %, Al and inevitable admixtures is the rest; carbon nanofiber is used as carbon in composite powder material. That provides obtaining of composite material for wear-resistant coating with higher hardness, which is more 1,9 hPa, low friction coefficient up to 0,4, high damage tolerance during performance process and at the same time conservation of low wear, necessary strength and impact toughness.

A method to produce high-strength composite material based on thermoplastic polymer, a modifier for manufacturing composite material and a method to produce modifier for manufacturing composite material (options) (RU 2708583 C1)

The invention refers to the technologies for obtaining a modifier used to produce composite material based on thermoplastic polymer containing carbon, glass or basalt fibers and carbon nanotubes (options) as well as to the methods to produce it and to manufacturing of material containing obtained modifier [7]. According to the first option, the modifier is obtained by mixing thermoplastic polymer (7–15 mass. %), solvent (70–94 mass. %) and alkali salts (3–15 mass. %) until total polymer resolving. Then nanotubes taken in the quantity up to 5 mass. % are added into the mixture. A coagulant is introduced into the obtained dispersion. The dispersion is filtered, the precipitation is washed off and dried. According to other options, a modifier for composite material is prepared on the basis of polyamide. Nanotubes are mixed with caprolactam. Dispersion is heated, can be treated with ultra-sound, then caprolactam polymerization catalyst or polymerization activator is added to it. After that the dispersion is heated and dried. To obtain composite material thermoplastic material is mixed with fibers and modifier which contains car-

bon nanotubes in the quantity from 5 to 33 mass. %. The invention is a solution for creation of high-strength composite material.

A method to produce modified carbon nanotubes (RU 2708596 C1)

The invention refers to nanotechnologies and can be used to strengthen mechanical properties of composite materials based on epoxy resins, to modify mixed glue and to obtain supercondensers [8]. A solution containing carbamide and/or thiocarbamide, water and concentrated mineral inorganic acid is processed in ultra sound concentrator. Then fluoridated carbon nanotubes taken in quantity that provides their concentration 1,2 mg/g in solution are added. Processed solution is diluted and filtered with water washing till neutral acidity. Filtered modified carbon nanotubes are diluted with water, processed in ultra sound bath and diluted with water one more time. The obtained solution are filtered and washed with acetone. The carbon nanotubes modified with carbamide and/or thiocarbamide are dried. If it is necessary they can be additionally functionalized with water-soluble epoxy resins, for example, DEG-1, TEG-1 or epoxy-hydantoic resin EG-10. That leads to greater final product outcome, decreased energy consumption and reduced time for production modified carbon nanotubes.

A method to process cold-worked titanium of great flow (RU 2709416 C1)

The invention refers to manufacture of nanostructured cold-worked titanium with improved mechanical and corrosion properties and to the methods to process it. The invention can be applied in different engineering areas, including chemical industry [9]. Technical result is a production of cold-worked titanium that combines high values of micro-hardness and high corrosion-resistance: positive steady potential, high capacity to passivation under anodic polarization.

Technical result is achieved due to the following technology: the method to process cold-worked titanium includes great plastic flow deformation by rotation under high hydrostatic pressure no less than 6 hPa under room temperature. According to the invention, the deformation is performed by two rotations and obtained nanostructure of cold-worked titanium consists of 80–85% alpha phase with average size 50–60 nm and 15–20% omega phase. The deformation is performed in Bridgman chamber.

A method to produce coating on the surface of non-ferrous metal workpiece (RU 2710094 C1)

The invention refers to mechanical engineering, in particularly to the methods for obtaining coating on

the surface of non-ferrous metal workpieces by transferring with high-temperature nanoparticle gas flow [10]. The method includes formation of high-speed atomizing cone of high-temperature gas flow by burning fuel in oxidant in combustion chamber; supply of high-speed atomizing cone of liquid initial material which is a source of nanoparticles formation into combustion chamber; formation, heating and transfer of nanoparticles by means of high-temperature gas flow and precipitation of the nanoparticles on the workpiece surface. At this the material which is a source of nanoparticles formation is simultaneously used as a fuel for high-temperature gas flow formation, and the material is a molecular or colloid solution of organic and/or inorganic compounds in organic solvent or mixture of several solvents. Transfer by means of high-temperature gas flow of nanoparticles and precipitation of them on the workpiece surface is performed jointly with workpiece surface prior processed with electric arch generated between two wolfram electrodes under alternate current 35–45 A, resistance 12–16 V and moving along workpiece surface with the rate of high-speed spray atomized set to spray at the distance between the arch and gas stream with sprayed powder material 2–4 mm. Technical result of the invention is increased adhesion strength, increased cohesion durability of material coating and reduced porosity of the coating.

A method to purify polluted subsoil water with nanosize ferrum of zero valency (RU 2709593 C1)

The invention refers to water treatment [11].

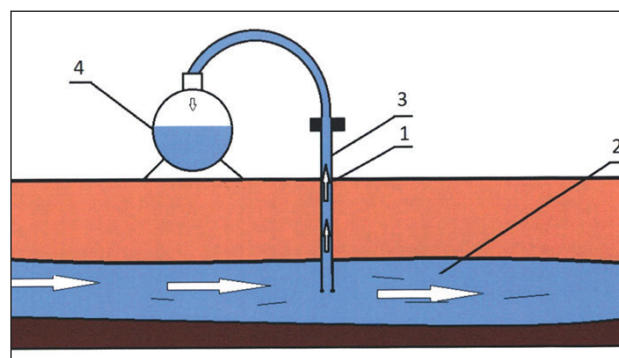


Fig. 2

A method to purify polluted subsoil water includes introduction of suspension of nanosize zero-valent ferrum into drilled hole 1 (Fig. 2) under overpressure exceeding the pressure of purified horizon. Drilling of the hole 1 is performed till the middle of bedding of purified water-bearing strata 2. Underground reservoir 5 is made by means of hydro expanding. Proppant is pumped in the reservoir. Suspension is obtained by mixing nano-

size zero-valent ferrum with normalized water till values pH 4,5–5,5. Metal guide tube 3 is placed into the hole 1. One pole terminal of alternating-current source with frequency 0,5–5 Hz is coupled to the guide tube, and the second terminal pole is coupled to ground which distance from the hole 1 is two-three depths of the hole 1. The invention makes it possible to increase the value of water treatment and prevent from purification substances loss.

A catalyst of combined hydrotreatment for a mixture of vegetable and oil hydrocarbon stock and a method to prepare it (RU 2707867 C2)

The invention refers to chemistry, in particularly to production of catalysts used for hydrotreatment of vegetable and oil hydrocarbon stock and can be applied in oil refining and petrochemical industries [12]. Technical result is creation of a new catalyst of combined hydrotreatment for a mixture of vegetable and oil hydrocarbon stock. The catalyst possesses increased activity in reactions of sulfur and oxygen removal compared to traditional bimetal systems due to simultaneous employment of two promoting metals (Co и Ni) as promoter. Technical result is achieved due to catalyst of combined hydrotreatment for a mixture of vegetable and oil hydrocarbon stock which contains in calcined under 550°C state: Mo – 9,0–15,0% mass., Co – 0,5–3,5% mass., Ni – 0,5–3,5% mass., the rest – porous carrier with carbon content 0–5% mass.; specific surface of the catalyst is 100–250 m²/g, specific volume of the pores is 0,3–1,1 cm³/g, average diameter of the pores is 4,0–10,0 nm.

These are inventions in nanotechnological area that can be interesting for specialists:

- A method to increase tensile strength of composite material by preliminary impregnation of carbon fibers with carbon nanotubes [13].

- A method to obtain a mixture of micro- and nanoparticles of binary alloys [14].
- Hydrocatalytic processes of recycling heavy oil fractions with the use of perspective nanosize catalysts [15].
- A method to produce graphene oxide [16].
- A method to produce lateral nanostructures [17].
- A method to decrease electrization of liquid hydrocarbons when applying them [18].
- A method to produce composite material boron-carbon [19].
- Strengthened glass jar (options) and a method to strengthen glass jar [20].
- A method to produce diamond tool with modified cutting part [21].
- Modeling of static mixer (oil - water) performance for oil desalting and development test [22].
- A method of chromatographic separation of single layer carbon nanotubes by chirality [23].
- Waste water treatment plant with the use of nano-modified natural sorbents [24].
- Ceramic composite material [25].

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>.

REFERENCES

1. Zhigach A.N., Lejpunskij I.O., Berezkina N.G. et al. Sposob poluchenija nanoporoshka karbida titana [A method to produce titanium carbide nanopowder]. Patent RF 2707596 C2. 2019. Bul. № 34.
2. Ljovin B.A., Pashinin V.A., Nedorchuk B.L. et al. Sposob poluchenija uprochnjaemogo oksidami nanoporoshkov metallov kompozicionnogo materiala na osnove zheleza [A method to produce ferrum-based composite material strengthened with metal nanopowder oxides]. Patent RF 2707686 C1. 2019. Bul. № 34.
3. Shemuhin A.A., Kushkina K.D., Vorob'eva E.A. et al. Sposob modifikacii uglerodnyh nanotrubok dlja poluchenija gidrofil'nyh ili gidrofobnyh poverhnostej [A method to modify carbon nanotubes for hydrophilic or hydrophobic surfaces]. Patent RF 2707930 C1. 2019. Bul. № 34.

4. Samohin A.V., Fadeev A.A., Alekseev N.V. et al. Sfericheskiy poroshok psevdosplava na osnove vol'frama i sposob ego polucheniya [Spherical powder of pseudoalloy based on wolfram and a method to produce it]. Patent RF 2707455 C1. 2019. Bul. № 33.
5. Rychkov A.A., Ivanov D.A. Termostatiruyushhee ustroystvo dlja provedeniya nanokalorimetriceskikh izmerenij v kontrolirovomoy atmosfere [Thermostating device for conducting nanocalorimetric measurements in controlled atmosphere]. Patent RF 2707665 C1. 2019. Bul. № 34.
6. Skvortcova A.N., Farmakovskij B.V., Gerashhenkov D.A. et al. Sposob polucheniya funkcional'nogo pokrytija na osnove aljuminij-uglerodnyh nanovolokon [A method to produce functional coating based in aluminium-carbon nanotubes]. Patent RF 2709688 C1. 2019. Bul. № 35.
7. Predtechenskij M.R., Sajk V.O., Bezrodnyj A.E. et al. Sposob polucheniya vysokoprochnogo kompozicionnogo materiala na osnove termoplastichnogo polimera, modifikator dlja prigotovleniya kompozicionnogo materiala i sposob polucheniya modifikatora dlja prigotovleniya kompozicionnogo materiala (varianty) [A method to produce high-strength composite material based on thermoplastic polymer, a modifier for manufacturing composite material and a method to produce modifier for manufacturing composite material (options)]. Patent RF 2708583 C1. 2019. Bul. № 34.
8. Krestinin A.V., Marchenko A.P., Radugin A.V. Sposob polucheniya modifitsirovannyh uglerodnyh nanotrubok [A method to produce modified carbon nanotubes]. Patent RF 2708596 C1. 2019. Bul. № 34.
9. Glezer A.M., Shurygina N.A., Rakoch A.G. et al. Sposob obrabotki tehnikeski chistogo titana bol'shoj plasticheskoj deformaciej [A method to process cold-worked titanium of great flow]. Patent RF 2709416 C1. 2019. Bul. № 35.
10. Balaev Je.Ju.O., Eliseev V.N. Sposob polucheniya pokrytija na poverhnosti detali iz cvetnyh metallov [A method to produce coating on the surface of non-ferrous metal workpiece]. Patent RF 2710094 C1. 2019. Bul. № 36.
11. Sementsov R.N. Sposob ochistki zagryaznennyh gruntovyh vod s ispol'zovaniem nanorazmernogo zheleza nulevoj valentnosti [A method to purify polluted subsoil water with nanosize ferrum of zero valency]. Patent RF 2709593 C1. 2019. Bul. № 35.
12. Kokljuhin A.S., Ishutenko D.I., Sal'nikov V.A. et al. Katalizator sovместной gidroochistki smesi rastitel'nogo i nefljanogo uglevodorodnogo syr'ja i sposob ego prigotovleniya [A catalyst of combined hydrotreatment for a mixture of vegetable and oil hydrocarbon stock and a method to prepare it]. Patent RF 2707867 C2. 2019. Bul. № 34.
13. Ivanov L.A., 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.
14. Pervikov A.V., Glazkova E.A., Muzhetskaja S.Ju. Sposob polucheniya smesi mikro- i nanochastich binarnykh splavov [A method to obtain a mixture of micro- and nanoparticles of binary alloys]. Patent RF 2709304 C1. 2019. Bul. № 35.
15. Mustafin I.A., Sidorov G.M., Stankevich K.E. et al. Gidrokataliticheskie processy pererabotki tjazhelykh neftyanykh fraktsij s ispol'zovaniem perspektivnykh nanorazmernykh katalizatorov [Hydrocatalytic processes of recycling heavy oil fractions with the use of perspective nanosize catalysts]. Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental Research]. 2018. № 7. P. 22–28.
16. Tkachev A.G., Melezhik A.V., Osipov A.A. et al. Sposob polucheniya oksida grafena [A method to produce graphene oxide]. Patent RF 2709594 C1. 2019. Bul. № 35.
17. 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.
18. Ivanov A.V., Miftahutdinova A.A., Sorokin A.Ju. et al. Sposob snizheniya jelektrizatsii zhidkikh uglevodorodov pri obrabotke nimi [A method to decrease electrization of liquid hydrocarbons when applying them]. Patent RF 2709609 C1. 2019. Bul. № 35.
19. Bagramov R.H., Serebrjanaja N.R., Blank V.D. Sposob polucheniya kompozicionnogo materiala bor-uglerod [A method to produce composite material boron-carbon]. Patent RF 2709885 C1. 2019. Bul. № 36.
20. Predtechenskij M.R., Muradjan V.E. Uprochnennyy stekljannyj sosud (varianty) i sposob uprochneniya stekljannogo sosuda [Strengthened glass jar (options) and a method to strengthen glass jar]. Patent RF 2707612 C1. 2019. Bul. № 34.
21. Ivanov L.A., Prokopiev P.S. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part IV. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 447–457. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457.
22. Sidorov G.M., Jahin B.A., Ahmetov R.F. Modelirovanie raboty staticheskogo smesitelja (neft' - voda) dlja obessolivaniya nefti i opytно-promyshlennoe ispytanie [Modeling of static mixer (oil–water) performance for oil desalting and development test]. Uspehi sovremennogo estestvoznaniya [Achievements of the modern natural science]. 2017. № 2. P. 152–156.
23. Ustinovich K.B., Gol'dt A.E., Shul'ga E.V. et al. Sposob hromatograficheskogo razdeleniya odnoslojnykh uglerodnykh nanotrubok po hiral'nosti [A method of chromatographic separation of single layer carbon nanotubes by chirality]. Patent RF 2709890 C1. 2019. Bul. № 36.
24. 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.
25. Podzorova L.I., Il'ichjova A.A., Kutuzova V.E. et al. Keramicheskij kompozicionnyj material [Ceramic composite material]. Patent RF 2710648 C1. 2019. Bul. № 1.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Leonid A. Ivanov, Camd. Sci. (Eng.), Vice President of the Russian Academy of Engineering, Member of the International Journalist Federation; Gazetny per., block 9, bld. 4, Moscow, Russia, 125009, e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

Elena S. Bokova, Dr. Sci. (Eng), Professor, Department of Chemistry and Technology of Polymers and Nanocomposites, A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia, esbokova@ya.ru

Svetlana R. Muminova, Camd. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Russian State University of Tourism and Service; Glavnaya str., 99, Cherkizovo, Moscow region, Russia, 141221, it.rguts@mail.ru

Leonid F. Katuhin, General Director of JSC «UK InnolInvest», Krasnyh Zor str, 30, Obninsk, Russia, 249037, katuhin1950@mail.ru

Received: 09.01.2020.

Revised: 24.01.2020.

Accepted: 03.02.2020.



Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть I

Л.А. Иванов^{1*} , Е.С. Бокова² , С.Р. Муминова³ , Л.Ф. Катухин⁴

¹ Российская инженерная академия, г. Москва, Россия;

² Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Россия;

³ Российский государственный университет туризма и сервиса, пос. Черкизово, Московская область, Россия;

⁴ ООО «УК ИнноИнвест», г. Обнинск, Россия.

*Контакты: e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

© Коллектив авторов, 2020

РЕЗЮМЕ: В реферативной форме проводится обзор изобретений. Результаты творческой деятельности ученых, инженеров и специалистов, в т.ч. и изобретения в области нанотехнологий и наноматериалов позволяют в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, смежных отраслях экономики добиться значительного эффекта. Например, изобретение «Способ получения нанопорошка карбида титана» относится к неорганической химии и нанотехнологии и может быть использовано для получения износостойких абразивных материалов, высокотемпературных керамических материалов и покрытий, высокопрочных композиционных материалов. Технический результат изобретения выражается в получении нанопорошка TiC в свободно-насыпном состоянии в виде частиц со средним размером менее 30 нм, в получении нанопорошка карбида титана с регулируемым соотношением титана и углерода и расширении тем самым технологических возможностей способа и области его применения.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий: способ получения смеси микро- и наночастиц бинарных сплавов, гидрокаталитические процессы переработки тяжелых нефтяных фракций с использованием перспективных наноразмерных катализаторов, способ получения оксида графена, способ снижения электризации жидких углеводородов при обращении с ними, способ получения композиционного материала бор-углерод, моделирование работы статического смесителя (нефть–вода) для обессоливания нефти и опытно-промышленное испытание, способ хроматографического разделения однослойных углеродных нанотрубок по хиральности и др.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нанотехнологии в строительстве, нанопорошок карбида титана, наночастицы бинарных сплавов, наноразмерные катализаторы, углеродные нанотрубки.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Иванов Л.А., Бокова Е.С., Муминова С.Р., Катухин Л.Ф. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 27–33. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях использование изобретений ученых, инженеров и специалистов может способствовать эффективному решению задач импортозамещения и повышения производительности труда. Как известно, изобретение — это новое,

обладающее существенными отличиями решение технической задачи, обеспечивающее положительный эффект (новые технологии, конструкции, новые вещества). В статье рассмотрены сущность, технический результат, практическая значимость некоторых изобретений, относящихся к области нанотехнологий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Способ получения нанопорошка карбида титана (RU 2707596 C2)

Изобретение относится к неорганической химии и нанотехнологии и может быть использовано для получения износостойких абразивных материалов, высокотемпературных керамических материалов и покрытий, высокопрочных композиционных материалов [1].

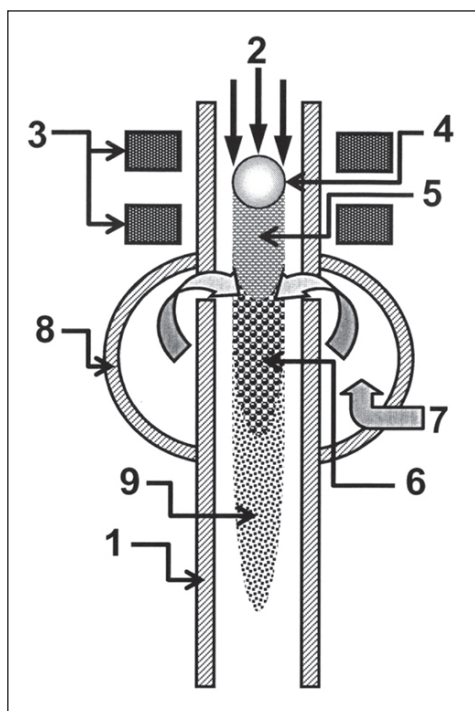


Рис. 1

В вертикально ориентированный реактор 1 (Рис. 1) из термостойкого диэлектрического материала подают нисходящий ламинарный поток газа-носителя 2. Сверху внутрь реактора вводят титановую проволоку, разогревают ее в высокочастотном поле противоточного индуктора 3 до температуры плавления, получают на ее конце каплю 4 расплавленного титана, бесконтактно подвешивают каплю между витками противоточного индуктора и обеспечивают испарение металлического титана с поверхности капли. Поток газа-носителя 2 непрерывно уносят пары титана от капли 4, обеспечивают конденсацию паров в наночастицы титана в зоне конденсации 5 и направляют их в зону реакции 6, куда также подают углеродсодержащий газ-реагент 7 из нагнетателя 8. Полученные наночастицы карбида титана переносят в зону ох-

лаждения 9, улавливают их фильтром и получают товарный продукт в виде нанопорошка карбида титана в свободно-насыпном состоянии со средним размером частиц менее 30 нм и с регулируемым соотношением титана и углерода без галогенов и кислорода. Испарение титана из капли 4 восполняют непрерывной подачей титановой проволоки. В качестве газа-носителя используют инертный газ, а в качестве газа-реагента — углеводород из класса алканов, алкенов или алкинов.

Технический результат изобретения выражается:

- в упрощении технологического цикла и обеспечении непрерывного процесса получения нанопорошков карбида титана;
- в получении нанопорошка TiC в свободно-насыпном состоянии в виде частиц со средним размером менее 30 нм, в получении нанопорошка карбида титана с регулируемым соотношением титана и углерода и расширении тем самым технологических возможностей способа и области его применения.

Способ получения упрочняемого оксидами нанопорошков металлов композиционного материала на основе железа (RU 2707686 C1)

Изобретение относится к области порошковой металлургии, а именно к разработке технологии изготовления упрочняемых дисперсными нанooksидами сталей, и может быть использовано, в частности, для изготовления высокопрочных конструктивных деталей подвижного состава железнодорожного транспорта [2].

Техническим результатом предлагаемого изобретения является снижение трудоемкости, сокращение времени технологического процесса, повышение прочностных характеристик композиционного материала на 20–30% за счет повышения скорости вращения устройства для измельчения (шаровой мельницы) до 3000 об/мин, использования монодисперсных термоустойчивых нанooksидов, получаемых путем высокоэнергетического воздействия на исходные компоненты.

Вышеуказанный технический результат достигается за счет способа получения упрочняемого оксидами нанопорошков металлов композиционного материала на основе железа, включающего механическое легирование смеси, приготовленной из порошка малоустойчивого при деформации оксида железа и порошка легированной стали, в качестве которого используют нанопорошок стали, легированной иттрием и/или титаном, и/или вольфрамом, образующими термоустойчивые нанooksиды.

Способ модификации углеродных нанотрубок для получения гидрофильных или гидрофобных поверхностей (RU 2707930 C1)

Изобретение относится к области физики и нанотехнологии и может быть использовано при изготовлении суперконденсаторов, фильтров и сенсоров [3].

Углеродные нанотрубки для обеспечения требуемых значений краевого угла смачиваемости модифицируют путем облучения потоками ионов, например ионами аргона, гелия, железа, углерода, тербия. Используют массив углеродных нанотрубок диаметром от 8 до 250 нм, при этом плотность массива от 0,1 до 3 г/см³. Для получения углеродных нанотрубок со значением краевого угла смачиваемости около 180° поверхность нанотрубок облучают пучком ионов с обеспечением параметров смещения на атом (DPA), деленного на средний диаметр углеродных нанотрубок в образце, до 0,0075 DPA/нм включительно. Для получения углеродных нанотрубок со значением краевого угла смачиваемости менее 90° поверхность нанотрубок облучают пучком ионов с обеспечением параметров смещения на атом (DPA), деленного на средний диаметр углеродных нанотрубок в образце, более 0,025 DPA/нм. Изобретение позволяет управлять смачиваемостью поверхности углеродных нанотрубок и получать гидрофобные или гидрофильные покрытия.

Сферический порошок псевдосплава на основе вольфрама и способ его получения (RU 2707455 C1)

Изобретение относится к сферическому порошку псевдосплава на основе вольфрама [4]. Ведут гранулирование порошка наноразмерного композита, состоящего из металлических частиц с размерами менее 100 нм и полученного водородным восстановлением в термической плазме смеси порошков оксидов вольфрама с порошком металла, выбранного из группы, включающей Ni, Fe, Co, Cu и Ag, или порошками оксидов металлов, выбранных из указанной группы, а затем проводят сфероидизацию полученных гранул порошка расплавлением в потоке термической плазмы. Полученный порошок содержит 3–50 мас. % связки из металла, выбранного из группы, включающей Ni, Fe, Co, Cu и Ag, или сплава металлов, выбранных из указанной группы, при этом порошок состоит из сферических частиц размером 20–70 мкм, имеющих субмикронную структуру с равномерно распределенными в ней зернами вольфрама размером, не превышающим 1 мкм.

Преимущество предложенного способа определяется возможностью получения конечного микро-

порошка псевдосплава, состоящего из сферических частиц в диапазоне размеров 5–100 мкм, в которых зерна вольфрама субмикронного диапазона размеров равномерно распределены в металлической матрице связки. Такой порошок может эффективно использоваться в аддитивных технологиях для производства изделий из псевдосплавов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Термостатирующее устройство для проведения нанокалориметрических измерений в контролируемой атмосфере (RU 2707665 C1)

Заявляемое термостатирующее устройство для проведения нанокалориметрических измерений в контролируемой атмосфере позволяет размещать внутри корпуса нанокалориметрический сенсор [5]. Устройство может быть интегрировано в приборы для измерения теплофизических и структурных параметров образцов. Устройство включает корпус, выполненный с возможностью подключения к коннектору и снабженный окнами из рентгенопрозрачного материала, в котором размещен нанокалориметрический сенсор, элемент Пельтье прямоугольной формы, теплоотводящая пластина, изготовленная из материала с хорошей теплопроводностью, система жидкостного охлаждения, вмонтированная в корпус. Теплоотводящая пластина снабжена отверстием для прохождения излучения, а сенсор с исследуемым образцом расположен на этой пластине с обеспечением размещения активной части сенсора в проекции отверстия. В корпус встроена электрическая плата для возможности подключения нанокалориметрических сенсоров. Технический результат – расширение возможности методов нанокалориметрии за счет реализации возможности нагрева образца до 450°C и охлаждения образца до –20°C, а также благодаря возможности создания контролируемой атмосферы внутри устройства (регулирование влажности и состава газовой смеси).

Способ получения функционального покрытия на основе алюминий-углеродных нановолокон (RU 2709688 C1)

Изобретение относится к способу получения композиционного материала для изготовления функциональных покрытий из сплава алюминия и углеродного нановолокна и может быть использовано в авиационной, космической, судостроительной и других областях промышленности [6]. Способ включает подачу порошка с использованием двух дозаторов в сверхзвуковой поток подогретого газа с образованием гетерофазного потока и нанесение

порошковой композиции на поверхность изделия. В упомянутый сверхзвуковой поток из первого дозатора вводят порошок Al_2O_3 для обработки изделия до образования ювенильной поверхности, затем наносят последовательно методом холодного газодинамического напыления порошковую композицию. Для нанесения первого износостойкого слоя в упомянутый сверхзвуковой поток из второго дозатора вводят композиционный порошковый материал, содержащий углерод и алюминий, для нанесения второго связующего слоя – алюминиевый порошок ПА-4, для нанесения третьего упрочняющего слоя – композиционный порошковый материал, содержащий углерод и алюминий, для нанесения четвертого связующего слоя – алюминиевый порошок ПА-4 и для нанесения пятого износостойкого слоя – композиционный порошковый материал, содержащий углерод и алюминий. Содержание углерода в первом слое составляет 0,4–0,6 мас.%, Al и неизбежные примеси остальное, содержание углерода в третьем слое составляет 0,5–1 мас.%, Al и неизбежные примеси остальное, содержание углерода в пятом слое составляет 0,6–1,6 мас.%, Al и неизбежные примеси остальное, в качестве углерода в композиционном порошковом материале используют углеродное нановолокно. Обеспечивается получение композиционного материала для износостойкого покрытия, имеющего более высокую твердость, составляющую более 1,9 ГПа, низкий коэффициент трения до 0,4, высокую устойчивость к разрушению во время эксплуатации при одновременном сохранении низкого износа, необходимой прочности и ударной вязкости.

Способ получения высокопрочного композиционного материала на основе термопластичного полимера, модификатор для приготовления композиционного материала и способ получения модификатора для приготовления композиционного материала (варианты) (RU 2708583 C1)

Изобретение относится к технологиям получения модификатора для приготовления композиционных материалов на основе термопластичных полимеров, содержащих в своем составе углеродные, стеклянные или базальтовые волокна и углеродные нанотрубки (варианты), а также к способам получения его, и к получению композиционного материала, содержащего полученный модификатор [7]. По одному варианту модификатор получают путем смешения термопластичного полимера (7–15 масс. %) с растворителем (70–94 масс. %) и солями щелочных металлов (3–15 масс. %) до полного растворения полимера. Далее в смесь добавляют нанотрубки в количестве до 5 масс. %. В полученную дисперсию

при перемешивании вводят коагулянт. Дисперсию фильтруют, осадок промывают и сушат. По другим вариантам готовят модификатор для композиционного материала на основе полиамида. Нанотрубки смешивают с капролактамом. Дисперсию нагревают, возможно, обрабатывают ультразвуком, добавляют катализатор полимеризации капролактама, возможно активатор полимеризации, нагревают и высушивают. Для получения композиционного материала термопластичный материал смешивают с волокнами и модификатором, содержащим углеродные нанотрубки в количестве от 5 до 33 масс.%. Изобретение решает задачу создания композиционного материала повышенной прочности.

Способ получения модифицированных углеродных нанотрубок (RU 2708596 C1)

Изобретение относится к нанотехнологии и может быть использовано для усиления механических свойств композиционных материалов на основе эпоксидных смол, модификации клеевых составов, получения суперконденсаторов [8]. В ультразвуковом концентраторе обрабатывают раствор, содержащий мочевины и/или тиомочевины, воду и концентрированную минеральную кислоту. Затем добавляют фторированные углеродные нанотрубки в количестве, обеспечивающем их концентрацию в растворе 1–2 мг/г. Обработанный раствор разбавляют и фильтруют с промывкой водой до нейтральной кислотности. Отфильтрованные модифицированные углеродные нанотрубки разбавляют водой, обрабатывают в ультразвуковой ванне и снова разбавляют водой. Полученный раствор фильтруют с промывкой ацетоном. Модифицированные мочевиной и/или тиомочевиной углеродные нанотрубки сушат. При необходимости их можно дополнительно функционализировать водорастворимыми эпоксидными смолами, например ДЭГ-1, ТЭГ-1 или эпоксидно-гидантоиновой смолой ЭГ-10. Увеличивается выход конечного продукта, снижаются энергозатраты и сокращается период времени для получения модифицированных углеродных нанотрубок.

Способ обработки технически чистого титана большой пластической деформацией (RU 2709416 C1)

Изобретение относится к области получения наноструктурного технически чистого титана с повышенными механическими и коррозионными свойствами и способу его обработки и может быть использовано в различных областях техники, в том числе в химической промышленности [9]. Технический результат, на решение которого направлено изобретение, заключается в получении технически

чистого титана, сочетающего высокие значения микротвердости и высокую коррозионную стойкость: положительный стационарный потенциал, высокую склонность к пассивации при анодной поляризации.

Технический результат изобретения достигается тем, что в способе обработки технически чистого титана, включающем большую пластическую деформацию кручением под высоким гидростатическим давлением не менее 6 ГПа при комнатной температуре согласно изобретению деформацию проводят при двух оборотах, при этом полученная наноструктура чистого титана состоит из 80–85% альфа фазы со средним размером 50–60 нм и 15–20% омега фазы. Деформацию проводят в камере Бриджмена.

Способ получения покрытия на поверхности детали из цветных металлов (RU 2710094 C1)

Изобретение относится к области машиностроения, а именно к способам получения покрытия на поверхности деталей из цветных металлов путем переноса высокотемпературным газовым потоком наночастиц [10]. Способ включает формирование в камере сгорания высокоскоростного распылителя высокотемпературного газового потока путем сжигания топлива в окислителе, подачу в камеру сгорания высокоскоростного распылителя жидкого исходного материала, являющегося источником образования наночастиц, образование, разогрев и перенос высокотемпературным газовым потоком наночастиц и осаждение их на поверхности детали, причем упомянутый материал, являющийся источником образования наночастиц, одновременно используют в качестве топлива для формирования высокотемпературного газового потока, при этом упомянутый материал представляет собой истинный или коллоидный раствор органических и/или неорганических соединений в органическом растворителе или смеси нескольких растворителей, при этом перенос высокотемпературным газовым потоком наночастиц и осаждение их на поверхности детали осуществляют совместно с непосредственно предшествующей им обработкой поверхности детали электрической дугой, создаваемой между двумя вольфрамовыми электродами при переменном токе 35–45 А, напряжении 12–16 В и проходящей по поверхности детали со скоростью перемещения высокоскоростного распылителя установки для напыления на расстоянии между дугой и струей газа с напыляемым порошковым материалом 2–4 мм. Техническим результатом изобретения является повышение адгезионной прочности, повышение когезионной прочности материала покрытия, а также уменьшение пористости покрытия.

Способ очистки загрязненных грунтовых вод с использованием наноразмерного железа нулевой валентности (RU 2709593 C1)

Изобретение относится к водоочистке [11].

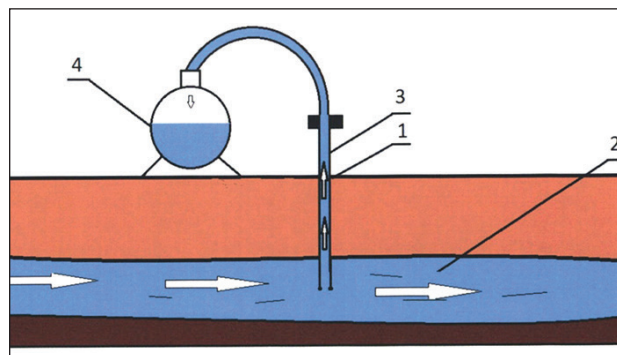


Рис. 2

Способ очистки загрязненных грунтовых вод включает введение суспензии наноразмерного нуль-валентного железа в пробуренную скважину 1 (рис. 2) под повышенным давлением, превышающим давление очищаемого горизонта. Бурение скважины 1 проводят до середины залегания очищаемого водоносного слоя 2. Гидрорасширением создают подземный коллектор 5, в который закачивают проппант. Суспензию получают путем смешивания порошка наноразмерного нуль-валентного железа с нормализованной водой до значений pH 4,5–5,5. В скважину 1 помещают металлическую обсадную трубу 3, с которой подключают один полюс источника переменного тока с частотой 0,5–5 Гц, а второй полюс подключают к заземлению, которое располагают от скважины 1 на расстоянии, равном две-три величины глубины скважины 1. Изобретение позволяет увеличить объем очистки воды и предотвратить унос очищающих веществ.

Катализатор совместной гидроочистки смеси растительного и нефтяного углеводородного сырья и способ его приготовления (RU 2707867 C2)

Изобретение относится к области химии, а именно к области производства катализаторов, предназначенных для гидроочистки растительного и нефтяного углеводородного сырья, и может быть использовано в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности [12]. Техническим результатом изобретения является создание нового катализатора совместной гидроочистки нефтяного и растительного сырья, обладающего повышенной активностью в реакциях удаления серы и кислорода по сравнению с традиционными биметаллическими

системами за счет использования в качестве промотора одновременно двух промотирующих металлов (Co и Ni). Технический результат достигается за счет катализатора совместной гидроочистки растительного и нефтяного углеводородного сырья, содержащего в прокаленном при 550°C состоянии: Mo – 9,0–15,0% мас., Co – 0,5–3,5% мас., Ni – 0,5–3,5% мас., остальное – пористый носитель с содержанием углерода 0–5% мас.; катализатор имеет удельную поверхность 100–250 м²/г, удельный объем пор 0,3–1,1 см³/г, средний диаметр пор 4,0–10,0 нм.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий:

- Способ повышения прочности на разрыв композитного материала с помощью предварительной пропитки углеволокон углеродными нанотрубками [13].
- Способ получения смеси микро- и наночастиц бинарных сплавов [14].
- Гидрокаталитические процессы переработки тяжелых нефтяных фракций с использованием перспективных наноразмерных катализаторов [15].
- Способ получения оксида графена [16].
- Способ получения латеральных наноструктур [17].
- Способ снижения электризации жидких углеводородов при обращении с ними [18].
- Способ получения композиционного материала бор-углерод [19].
- Упрочненный стеклянный сосуд (варианты) и способ упрочнения стеклянного сосуда [20].

- Способ изготовления алмазного инструмента с наномодифицированной режущей частью [21].
- Моделирование работы статического смесителя (нефть–вода) для обессоливания нефти и опытно-промышленное испытание [22].
- Способ хроматографического разделения однослойных углеродных нанотрубок по хиральности [23].
- Система очистки сточных вод с использованием наномодифицированных природных сорбентов [24].
- Керамический композиционный материал [25].

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, например, в полнотекстовой базе научных журналов открытого доступа Open Academic Journals Index OAJI (США), ссылка – <http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жигач А.Н., Лейпунский И.О., Березкина Н.Г. и др. Способ получения нанопорошка карбида титана // Патент 2707596 РФ МПК С2. 2019. Бюл. № 34.
2. Лёвин Б.А., Пашинин В.А., Недорчук Б.Л. и др. Способ получения упрочняемого оксидами нанопорошков металлов композиционного материала на основе железа // Патент 2707686 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 34.
3. Шемухин А.А., Кушкина К.Д., Воробьева Е.А. и др. Способ модификации углеродных нанотрубок для получения гидрофильных или гидрофобных поверхностей // Патент 2707930 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 34.
4. Самохин А.В., Фадеев А.А., Алексеев Н.В. и др. Сферический порошок псевдосплава на основе вольфрама и способ его получения // Патент 2707455 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 33.
5. Рычков А.А., Иванов Д.А. Термостатирующее устройство для проведения нанокалориметрических измерений в контролируемой атмосфере // Патент 2707665 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 34.
6. Скворцова А.Н., Фармаковский Б.В., Герашенков Д.А. и др. Способ получения функционального покрытия на основе алюминий-углеродных нановолокон // Патент 2709688 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 35.
7. Предтеченский М.Р., Сайк В.О., Безродный А.Е. и др. Способ получения высокопрочного композиционного материала на основе термопластичного полимера, модификатор для приготовления композиционного материала и способ получения модификатора для приготовления композиционного материала (варианты) // Патент 2708583 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 34.
8. Крестинин А.В., Марченко А.П., Радугин А.В. Способ получения модифицированных углеродных нанотрубок // Патент 2708596 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 34.

9. Глезер А.М., Шурыгина Н.А., Ракоч А.Г. и др. Способ обработки технически чистого титана большой пластической деформацией // Патент 2709416 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 35.
10. Балаев Э.Ю.О., Елисеев В.Н. Способ получения покрытия на поверхности детали из цветных металлов // Патент 2710094 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 36.
11. Семенцов Р.Н. Способ очистки загрязненных грунтовых вод с использованием наноразмерного железа нулевой валентности // Патент 2709593 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 35.
12. Коклюхин А.С., Ишутенко Д.И., Сальников В.А. и др. Катализатор совместной гидроочистки смеси растительного и нефтяного углеводородного сырья и способ его приготовления // Патент 2707867 РФ МПК С2. 2019. Бюл. № 34.
13. 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.
14. Первииков А.В., Глазкова Е.А., Мужецкая С.Ю. Способ получения смеси микро- и наночастиц бинарных сплавов // Патент 2709304 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 35.
15. Мустафин И.А., Сидоров Г.М., Станкевич К.Е. и др. Гидрокаталитические процессы переработки тяжелых нефтяных фракций с использованием перспективных наноразмерных катализаторов // Фундаментальные исследования. — 2018. — № 7. — С. 22–28.
16. Ткачев А.Г., Мележик А.В., Осипов А.А. и др. Способ получения оксида графена // Патент 2709594 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 35.
17. 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.
18. Иванов А.В., Мифтахутдинова А.А., Сорокин А.Ю. и др. Способ снижения электризации жидких углеводородов при обращении с ними // Патент 2709609 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 35.
19. Баграмов Р.Х., Серебряная Н.Р., Бланк В.Д. Способ получения композиционного материала бор-углерод // Патент 2709885 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 36.
20. Предтеченский М.Р., Мурадян В.Е. Упрочненный стеклянный сосуд (варианты) и способ упрочнения стеклянного сосуда // Патент 2707612 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 34.
21. Иванов Л.А., Прокопьев П.С. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть IV // Нанотехнологии в строительстве. — 2019. — Том 11, № 4. — С. 447–457. — DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457.
22. Сидоров Г.М., Яхин Б.А., Ахметов Р.Ф. Моделирование работы статического смесителя (нефть–вода) для обессоливания нефти и опытно-промышленное испытание // Успехи современного естествознания. — 2017. — № 2. — С. 152–156.
23. Устинович К.Б., Гольдт А.Е., Шульга Е.В. и др. Способ хроматографического разделения однослойных углеродных нанотрубок по хиральности // Патент 2709890 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 36.
24. 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.
25. Подзорова Л.И., Ильичёва А.А., Кутузова В.Е. и др. Керамический композиционный материал // Патент 2710648 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 1.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванов Леонид Алексеевич, канд. техн. наук, вице-президент Российской инженерной академии, член Международной федерации журналистов; Газетный пер., д. 9, стр. 4, г. Москва, Россия, 125009, e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

Бокова Елена Сергеевна, д.т.н., профессор кафедры химии и технологии полимерных материалов и нанокмпозитов, 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

Катухин Леонид Федорович, генеральный директор ООО «УК ИнноИнвест», ул. Красных Зорь, 30, г. Обнинск, Россия, 249037, katuhin1950@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 09.01.2020.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 24.01.2020.

Статья принята к публикации: 03.02.2020.



Effective mineral additive on the basis of wastes of petrochemical plants for a concrete structural mix

A.D. Badikova^{1*} , S.R. Sakhibgareev¹ , R.A. Fedina¹ , M.N. Rakhimov¹ , M.A. Tsadkin²

¹ Ufa State Petroleum Technological University; Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia;

² Bashkir State University; Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

*Corresponding author: e-mail: badikova_albina@mail.ru

© Authors, 2020

ABSTRACT: The use of concrete in building allows obtaining reliable and long-lasting operation of buildings, but such conditions require concrete with specified characteristics. Today hardly one can produce a concrete structural mix of high quality without any additives.

To control actively the structure and properties of a concrete mix and concrete, along with chemical additives, mineral additives are used. The mineral additives are the powders of various mineral nature, obtained from natural or man-made raw materials: ground slag, rocks, etc.

The article introduces the method of obtaining a mineral additive for a structural mix, in particularly for concrete. Qualitative characteristics of the additive obtained were studied as follows: the index of the degree of grinding to be equal to 1, standard consistency (normal density) – (180±5) mm with a mass ratio of «additive: water» – 100: 70, setting time – beginning 20 min, water absorption 0.27%, water content 9.65%, the proportion of insoluble residue in hydrochloric acid solution is 1.70%.

Implementation of the additive in the concrete composition has shown that the quality of the product does not fall, and the actual strength is 250.7 kgf/cm², which is slightly higher than the strength of the concrete sample without an additive. It was determined that the quality of concrete products with a mineral additive corresponds to GOST as follows: density 1775 kg/m³; mass humidity 0.3%; volume humidity 0.5%. The introduction of a structural mix will significantly improve the properties of a concrete structural mix and will also reduce the fuel resources consumption for production of the concrete structural mix, products and constructions of its basis.

KEYWORDS: concrete structural mix, active mineral additive, sulfur-alkaline effluents of petrochemical plants, waste soda, the secondary use of materials.

FOR CITATION: Badikova A.D., Sakhibgareev S.R., Fedina R.A., Rakhimov M.N., Tsadkin M.A. Effective mineral additive on the basis of wastes of petrochemical plants for a concrete structural mix. Nanotechnologies in Construction. 2020, Vol. 12, no. 1, pp. 34–40. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-34-40.

INTRODUCTION

The majority of chemical industries is defined by considerable amount of by-products. Their utilization, on the one hand, contributes to a substantial increase in work efficiency of chemical plants and is aimed at environmental protection, on the other hand, it is a way of building materials production chemicalization, cost reduction, intensification of technological processes, line expansion and improving the quality of building products. Chemical industry of by-products can be classified by the following criteria: by the content of a specific chemical component, namely iron materials, phosphorus- and fluorine-containing slags, gypsum- and lime-containing

products; by a process value in building material production, namely raw materials, intensifier of technological processes, additive-modifiers of material properties [1, 2].

For building materials production the most valuable raw materials from chemical industry by-products are slags of electrothermal production of phosphorus, lime and ferruginous waste products, polymeric products, gypsum-containing products etc. [3, 4].

In phosphorus production with a thermal method in electric furnaces, by-products are phosphorus slags. At 1300...1500°C calcium phosphate interacts with coke carbon and silica, creating phosphorus and molten slag. The slag is drained from furnaces in a liquid-molten state and is granulated with a wet method. Upon obtaining 1 t

of phosphorus 10–12 t of slag are formed. Up to 2 million t of slag per year can be obtained at large chemical plants. The total content of CaO and SiO_2 is 95%, P_2O_5 and CaP_2 is 3%, Al_2O_3 is 4% [5].

A by-product of acetylene production when water has an effect on calcium carbide is carbide residue. Lime paste on the basis of so called «carbid sludge» contains impurities of undecomposed calcium carbide and dissolved acetylene. The content of active compounds ($\text{CaO} + \text{MgO}$) in the carbide residue depends on its residence time in the air in dumps and is 50–60% [6].

In sulfuric acid production by processing iron pyrite, wastes are pyritic slags (ferruginous by-products). The amount of Fe_2O_3 is 56–77 %; SiO_2 is 9–22%; Al_2O_3 is 1–18%; CaO is 0.8–5.0%; MgO is 0.1–0.2%; SO_3 is 1–11%.

Wastes of a number of chemical industries and those related to them are gypsum-containing by-products. Gypsum-containing products are formed when manufacturing the following products: inorganic acids (phosphogypsum and phosphohemihydrate, borogypsum, fluorogypsum (hydride fluoride), fluorogypsum), organic acids (citrogypsum etc.), chemical processing of wood (hydrolytic gypsum), aqueous solutions processing of some salts and acids (silicone gypsum, titanogypsum etc.), treating of industrial gases, which contain sulfogypsum; salt production from lake brine (brine gypsum) [7].

A significant amount of raw materials containing calcium carbonate is gathered as waste within soda, pulp and paper, nitrogen and fertilizer plants. Millions of tons of fixed residue i.e. still waste sludges have gathered within soda industry plants. They are composed of the following components: CaCO_3 is 50–65%, Ca(OH)_2 is 4–10%, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ is 5–10 %, CaCl_2 is 5–10%, impurities of clay minerals and quartz are of 5–10%. One of the industrial areas of using these resources is to obtain a lime-belite binder and silicate brick on its basis. The presence of calcium chloride and sulfate in wastes dramatically increases reactive capacity of raw mix, that makes it possible to kiln a binder at 950...1000°C [8–13].

Wastes of soda production are also used to obtain a filler of bitumen-concrete mixes, floor covering (linoleum), a PVC tile (polyvinyl chloride) and plugging materials [14].

Sulfatcalcium wastes of hydrogen fluoride production are used as concrete and may be used when making building materials and products. This is possible due to anhydride obtained from waste by grinding and treating with sulfuric acid and its further neutralization with a calcium-containing material that excludes thermal energy consumption when obtaining the anhydride [15].

Sludge wastes on the basis of calcium carbonate are applied as cement mix from the stages of caustic treatment of sodium chloride brine to prepare a cement clinker [16, 17]. The sludge is preliminary diluted with water and gas

treated on the basis of carbon dioxide followed by sludge wastes decantation and mixing of an aluminium-ferrosilicate component, which simplifies the use of sludge as a cement clinker. Sludge waste of CHP (combined heat and power station) chemical water treatment is applied as a binder in plaster and brickwork solutions. The calcium carbonate contained in sludge is proceeded to a sulfate phase by neutralizing it with a sulfuric acid solution and following it with autoclave treatment, which allows to increase binder strength and reduce water requirements [14, 18].

At the moment, a building materials industry can apply various occurring production wastes quite effectively and in large quantities to make building materials.

Products and materials of required quality are manufactured on the basis of wastes of various branches of a building materials plant, with less production costs than using virgin raw materials since costs of extraction, handling and processing of raw materials are excluded. Under current conditions, recycled raw materials are mainly used as additives, which provide building products with various properties or serve as a substitute of mineral raw materials. The building materials industry has gained positive experience in the use of wastes as raw materials to make effective building materials such as concrete, plaster and brickwork solutions, which are as good as products obtained when using virgin raw materials [19].

Due to accumulation of large quantity of various industrial wastes, today it has been a common practice to use them as mineral additives. For example, wastes of phosphorus and boron production such as phosphogypsum and borogypsum, which substitute gypsum quite effectively in concrete and building solutions, but preliminary treatment of these wastes before being used as an active mineral additive is a very time-taking and relatively inefficient process.

The content of sulfate ions in sulfur-alkaline effluents of petrochemical plants exceeds the TLV norms (threshold limit value) 72900 times for fishery objects and 72500 times for utility consumption [20]. Owing to high concentrations of sulfate ions the sulfur-alkaline effluents can be considered as an additional source of raw materials in petrochemical plants and building materials production [21].

In this paper the ways to obtain and define qualitative characteristics of a mineral additive on the basis of wastes of petrochemical and chemical industries for concrete were considered.

MAIN PART

Experimental part

Sulfur-alkaline effluents of petrochemical industries and wastes of chemical production of soda, the composition of which is shown in Table 1 and 2, were used as primary components to obtain a mineral additive.

Table 1

Sulfur-alkaline effluents composition (waste I)

Composition	Content, mg/l
Sulfates	60000–100000
Sulfides	0.001–0.500
Phenols	35–50
Petroleum products	100–200

It can be seen from the data submitted that the effluent is more saturated with sulfate ions according to the quantity of the additives contained.

The sulfur-alkaline effluent was treated with waste soda (waste II).

Table 2

Waste soda composition (waste II)

Composition	Content, % wt
Mg(OH) ₂	8–10
CaCO ₃	70–80
CaSO ₄	0.5–1
NaCl	16–20
Ca(OH) ₂	5–8

Waste soda with various concentrations was used in the experiment, the characteristic is shown in Table 3.

Table 3

Characteristic of waste II

No.	Concentration, %	ρ , g/cm ³
1	10	1.011–1.012
2	50	1.050–1.051
3	75	1.081–1.082

For concrete samples preparation brand 400 portland cement was used, sand and crushed stone correspond to GOST.

For treatment of waste II with concentrations of 10, 50, 75%, dried waste of chemical production in the amount of 100, 500, 750 g was used. The amount of waste, which had been preliminary determined by weighing on analytical scales, was poured in a container with a capacity of 1000 ml, further the waste was poured with water in the amount of 1000 ml. The solution was preliminary mixed before each adding.

Sulfate ions were extracted on a periodic laboratory facility. A sulfur-alkaline effluent sample under study in

the amount of 200 ml was placed into a reactor. A corresponding amount of waste soda was subsequently added drop-wise by mixing constantly. The mixing lasted for 10 min followed by a reaction mix to be settled for 2 hrs. The residue was divided and effluent was analyzed for the content of sulfate ions afterwards.

After preparatory drying the residue obtained was used as an active mineral additive in concrete.

Dried concrete components were weighed of definite quantities under a concrete brand (Table 4, 5), were poured on a wooden panel studded with iron and then thoroughly mixed.

Table 4

Materials consumption for preparing 1 m³ of M 200 concrete

Materials	Content, % wt
ПЦ-400 concrete	12
Gravel	45
Sand	30
Water	13
Additive	0

Table 5

Materials consumption for preparing 1 m³ of M 200 concrete with an additive

Materials	Content, % wt
ПЦ-400 concrete	9
Gravel	45
Sand	30
Water	13
Additive	3

Water was added and all components were mixed afterwards until a homogeneous consistence. The amount of water used was regulated by defining concrete mix freedom of movement, which was identified by a slump cone.

The cone, which had been dipped in water beforehand was filled with a concrete mix in three layers of the same height, thus rodding each layer for 25 times using an iron core. After the concrete mix was laid in a cone, a mix excess was cut with a metal ruler and raised, ensuring that it was lifted without shifts.

Further the height of the concrete mix settled after cone removal was measured with a ruler. If the difference between cone height and concrete mix was 3 cm and more, the concrete mix had to be prepared again. An experiment was repeated until the normal density of the concrete mix was determined and the amount of the taken water became optimal [17, 22, 23].

The concrete mix was laid with a spatula in moulds with the size 10x10x10 cm, which had been prepared in advance and oiled. 4 samples were prepared as follows: 2 standard samples of concrete and 2 samples with the addition of the mineral additive obtained. Moulds with a concrete mix were put on a vibrating table for 2–3 min. They were compacted and evened with a spatula. Then the moulds were delivered to a steam curing room and left until the next day at temperature $T = 70\text{--}90^\circ\text{C}$.

An active mineral additive was obtained from sulfur-alkaline effluents on a periodic laboratory facility. The concentration of sulfate ions in an initial effluent amounted to 67600 mg/l. The results are shown in Table 6.

The content of sulfate ions in an effluent after treatment was reduced by 28532–37420 mg/l. When the concentration of waste soda changes and the ratio is 1:1, the content of sulfate ions in a sulfur-alkaline effluent changes insignificantly.

The dependence of the content of sulfate ions in a sulfur-alkaline effluent from temperature and process time (Fig. 1, 2) was studied.

When changing process parameters the residual content of sulfate ions in waste I practically does not change.

The process material balance is calculated (Table 7).

It follows from the material balance calculated that to obtain 53.7 g of the residue used further as an active

Table 6

Results for sulfate ions defining

Waste soda, aqueous solution	Ratio of «sulfur-alkaline effluent: waste soda»	SO_4^{2-} concentration in effluent after being treated, mg/l
10%	1 : 0.6	58959.72
	1 : 0.7	39750.90
	1 : 0.8	36919.78
	1 : 0.9	36804.56
	1 : 1	32261.60
50%	1 : 0.6	42300.00
	1 : 0.7	38220.00
	1 : 0.8	35340.00
	1 : 0.9	34260.00
	1 : 1	31512.56
75%	1 : 0.6	39067.81
	1 : 0.7	37421.81
	1 : 0.8	36244.92
	1 : 0.9	34409.63
	1 : 1	30180.00

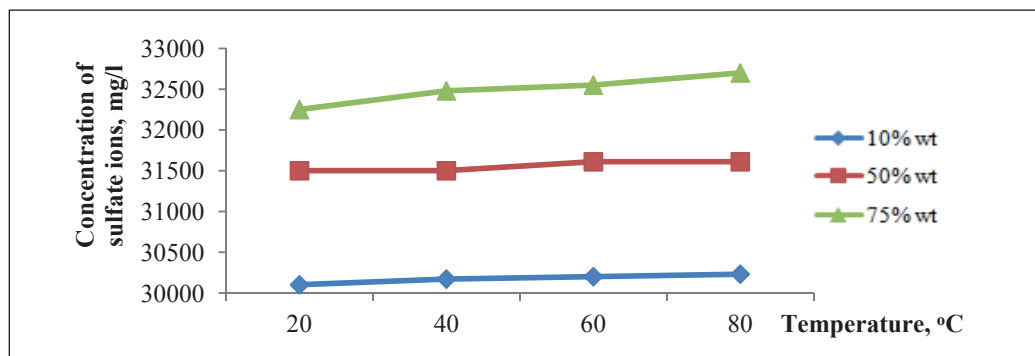


Fig. 1. Dependence of the content of sulfate ions from temperature in waste I

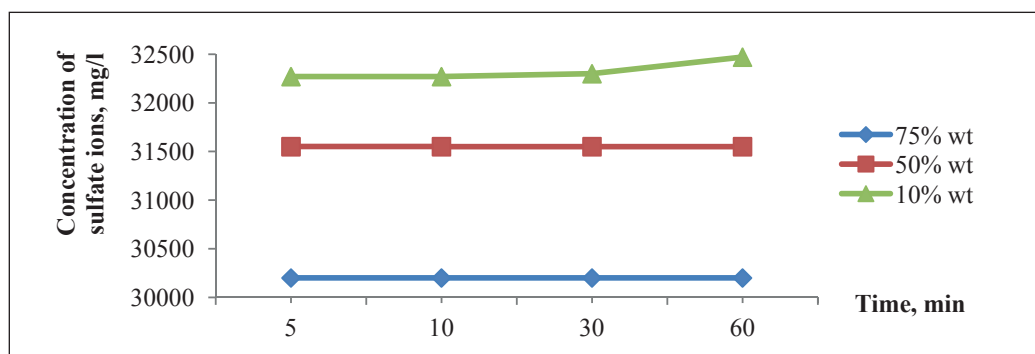


Fig. 2. Dependence of the content of sulfate ions from temperature in waste I

Table 7

Sulfur-alkaline effluent material balance

Taken	m, g	% wt	Obtained	m, g	% wt
Sulfur-alkaline effluent	100.00	50.00	Effluent treated	125.98	62.99
Waste soda (75% aqueous solution)	100.00	50.00	Residue	53.70	26.85
			Loss	20.32	10.16
	200.00	100		200.00	100

Table 8

Obtaining a mineral additive from sulfur-alkaline effluents through 3 stages

Waste soda, 75% aqueous solution	Stage No.	Ratio of «sulfur-alkaline effluent: waste soda»	SO ₄ ²⁻ concentration in effluent after being treated, mg/l
	1	1:1	30180.00
	2	1:1	18929.00
	3	1:1	9546.80

mineral additive 100 g of a sulfur-alkaline effluent and 100 g of waste soda will be required.

Effluent multistage treatment was applied to increase residue outlet (Table 8).

In case of the sulfur-alkaline effluent being treated through 3 stages the content of sulfite ions is to be reduced by 7 times.

Based on the results acquired 3-stage treatment of the effluent is preferable to obtain greater residue outcome (Table 9)

While sulfur-alkaline effluent processing through 3 stages the residue outcome has increased to 230 g.

The residue obtained was used as an active mineral additive for concrete.

Table 9

Material balance of sulfur-alkaline effluent extraction

Taken	m, g	% wt	Obtained	m, g	% wt
Sulfur-alkaline effluent	300.00	50.00	Effluent treated	309.50	51.58
Waste soda (75% aqueous solution)	300.00	50.00	Residue	230.00	38.33
			Loss	60.50	10.08
	600.00	100		600.00	100

Table 10

Quality parameters of the active mineral additive obtained

Parameter	Experimental sample	Industrial sample
Standard consistency, d-diameter of spreading, 180±5 mm	Mass ratio of «additive: water»–100:70	Mass ratio of «additive: water»–100:50–100
Setting time	Beginning 20 min – end 2 hrs	Beginning 20 min – end is not defined
Index of the degree of grinding	1	1
Insoluble residue content, %	0.5–1.7	0.6–1.6
Water absorption, %	0.27	0.17–0.30
Crystallization water content, %	9.65	8.35–9.68

Table 11

Characteristic of concrete samples

Sample notation		Sample size, cm	Date of	
			Filling	Testing
Experimental sample*	No. 1	10.06x10.04x10.06	05/10/19	05/11/19
	No. 2	10.06x9.99x10.09	05/10/19	06/08/19
Test sample	No. 1	10.09x9.94x10.05	05/14/19	05/15/19
	No. 2	10.10x9.89x10.08	05/14/19	06/12/19

Qualitative characteristics of the mineral additive were determined according to GOST (Table 10).

An experimental sample is slow-setting and coarse grinding. The standard consistency is under norms with a mass ratio of «additive: water»-«100:70».

Using the active mineral additive obtained samples of brand M 200* concrete containing a 3% additive (Table 11) were prepared.

Qualitative characteristics of the samples obtained were defined (Table 12).

When tested in concrete, the additive does not impair the quality of the product, and the actual strength is 250.7 kgf/cm², which is slightly higher than the strength of the concrete sample without an additive.

CONCLUSION

Thus, the mineral additive was obtained on the basis of wastes of petrochemical and chemical plants and its qualitative characteristics were defined as follows: the index of the degree of grinding 1, standard consistency (normal density) – (180±5) mm with a mass ratio of «additive: water» – 100:70, setting time – beginning 20 min, water absorption 0.27%, water content 9.65%, the proportion of insoluble residue in hydrochloric acid solution of 1.70%.

It was shown that the quality of concrete products corresponds to GOST requirements for M-200 brand (the actual strength of samples 250.7 kgf/cm²; density 1775 kg/m³; mass humidity 0.3%; volume humidity 0.5%).

Table 12

Concrete sample quality parameters

Parameter	Experimental sample No. 2	Test sample No. 2
Actual strength, kgf/cm ²	250.7	244.9
Density, kg/m ³	1775	1986
Mass humidity, %	0.3	0.3
Volume humidity, %	0.5	0.5

REFERENCES

1. Popov L.N. Building materials from industrial wastes. Moscow, Knowledge, 1978. pp. 55.
2. Dvorkin L.I. Building materials from industrial waste. K.: Stroyizdat, 1998. pp. 38–42.
3. Smooth K. Slags are not waste, but valuable raw materials. L.: Chemistry, Leningrad. Dep., 1989. pp. 55–57.
4. Schukina E.G., Beppe R.R. The integrated use of mineral raw materials and industrial waste for the production of building materials. Moscow, Chemistry, 2004. pp. 10–16, 20–49, 51–68, 105–116.
5. Bazhenov P.I. The use of industrial waste for the production of building materials. L.: Stroyizdat, Leningrad. Dep., 1989. pp. 12–15.
6. Vihter Ya.I. Production of lime-belite binders. Moscow, Higher School, 1974. pp. 13–15.
7. Rybev I.A. Cement-based building materials. Moscow, Chemistry, 1978. pp. 76–83.
8. Pat. 2297989 Russia, IPC C04B 11/05. A method of obtaining active anhydrite / Zykov V.M., Zykova N.S., Fedorchuk Yu.M., Tsygankova T.S. — No. 2005132129/03; declared 10/17/2005; publ. 04/27/2007. p. 3
9. Pat. 2081074 Russia, IPC C04B 7/00. The method of preparation of the raw mix to obtain cement clinker. Afanasev V.V., Kolesnikov V.Ya., Mukhanov A.A., Sukhanov M.A., Fedner L.A., Khrapov V.S., Yusupov I.G.; declared 02/13/1995; publ. 06/10/1997. p. 2.

10. Pat. 95102840 Russia, C09K8/80. Compounds for strengthening proppant ruptures used to maintain open ruptures. Plotnikov V.A., Peychev V.G., Pribytkov E.A., Alekseev V.V.; declared 05/06/2011; publ. 10/10/2012. p. 3.
11. Pat. 2200714 Russia, C04B11/26. A method of obtaining a binder. Suchkov V.P., Kiushkin E.V.; declared 04/23/2001; publ. 03/20/2003. p. 2.
12. Smirnov D.N., Dmitriev A.S. Automatic dosing of reagents during effluent treatment and water treatment. Moscow, Chemistry, 1956. pp. 174–180.
13. Krause L.S. Preparation of solutions and concrete mixes. Moscow, Stroyizdat, 1968. pp. 22–25.
14. Lanina T.D. Comprehensive utilization of oil and gas industrial wastes to ensure environmental safety and additional extraction of mineral raw materials. Abstract of Doctorate thesis in Engineering. Ukhta, 2009. p. 34.
15. Egorova G.I. Waste management as a social problem of improving the quality of human life. Materials of the International scientific and practical conference. Responsible author E.I. Brazhnik. –SPb.: Express, 2012. pp. 46–50.
16. Sigitova I.S. Evaluation of the effectiveness and classification of mineral additives to cements. Basic research. 2015. No. 11. pp. 1109–1113.
17. Lipunova I.N., Yupatov A.A., Alikin V.I. The use of solid industrial waste in the production of building materials. Ecology and Industry of Russia. 2009. № 3. pp. 19–23.
18. GOST 22690-2015. Concrete. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing. –Introduction 04/01/2016. Moscow, Standartinform, 2016. p. 20.
19. Ivchatov A.L., Glyadenov S.N. The use of phosphorus production waste as a mineral additive in building materials. Ecology and Industry of Russia. 2007. No. 9. pp. 10–14.
20. Murtazaev S.-A.Yu., Batayev Dena K.-S., Ismailova Z.Kh. Fine-grained concrete based on fillers from recycled materials: scientific publication. Moscow, Komtekhpriint, 2017. p. 142.
21. Batrakov V.G. Concrete modifiers: new opportunities and prospects. Building materials. 2006. No. 10. pp. 4–7.
22. Murtazaev S.-A.Yu., Batayev Dena K.-S., Saydumov Magomed S. Cement concrete composites on the basis of bypassed stone and stone milling wastes. Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved) 61, 2016. No. 4B / 2016. pp. 327–336.
23. Usharov-Marshak A.V., Babaevskaya T.V. The effectiveness of additives – the topic of concrete science and concrete technology. Technologies of concrete. 2012. No. 7–8 (72–73). pp. 53–55.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Badikova Albina Darisovna, Dr. Sci.(Eng), Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov st. 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, e-mail: badikova_albina@mail.ru;

Sakhilbgariev Samat Rifovich, post-graduate student of the 1st year of study of the Faculty of General Scientific Disciplines, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov st. 1, Ufa, Russia, 450062, samat.sax2014@yandex.ru;

Fedina Regina Alsynovna, applicant of the Department of Physical and Organic Chemistry, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov st. 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, r121990@yandex.ru;

Rakhimov Marat Navruzovich, Dr. Sci.(Eng), Professor, Dean of the Faculty of Technology, Ufa State Petroleum Technological University; Kosmonavtov st. 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, tfdekan@mail.ru;

Tsadkin Mikhail Avraamovich, Dr. Sci.(Eng), Professor, Bashkir State University; Zaki Validi st. 32, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450076, e-mail: kuzbassufa@gmail.com.

Received: 26.12.2019.

Revised: 04.02.2020.

Accepted: 07.02.2020.



Эффективная минеральная добавка на основе отходов нефтехимических производств для бетонной строительной смеси

А.Д. Бадикова^{1*}, С.Р. Сахибгареев¹, Р.А. Федина¹, М.Н. Рахимов¹, М.А. Цадкин²

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет; г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия;

²Башкирский государственный университет; г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия.

* Контакты: e-mail: badikova_albina@mail.ru

© Коллектив авторов, 2020

РЕЗЮМЕ: Применение бетона в строительстве дает возможность надежной и долговечной эксплуатации сооружений, но для таких условий эксплуатации требуется бетон с необходимыми характеристиками. На сегодняшний день невозможно представить создание высококачественной бетонной строительной смеси без каких-либо добавок. Для активного управления структурой и свойствами бетонной смеси и бетона наряду с химическими добавками применяют минеральные добавки, представляющие порошки различной минеральной природы, получаемые из природного или техногенного сырья: молотых шлаков, горных пород и др. Они используются, например, для получения плотного бетона, повышают стойкость бетона к воздействию агрессивных сред и т.д. В данной статье предложен метод получения минеральной добавки к строительной смеси, а именно к бетону. Изучены качественные характеристики полученной добавки: индекс степени помола равен единице, стандартная консистенция (нормальная густота) – (180 ± 5) мм при массовом соотношении – «добавка : вода» – 100:70, сроки схватывания – начало 20 мин, водопоглощение 0,27%, содержание воды 9,65%, доля нерастворимого остатка в растворе соляной кислоты 1,70%. Апробирование добавки в составе бетона показало, что качество изделия не ухудшается, а фактическая прочность составляет 250,7 кгс/см², и это несколько выше прочности образца бетона без добавки. Установлено, что качество бетонных изделий с минеральной добавкой соответствует ГОСТу: плотность 1775 кг/м³; влажность по массе 0,3%; влажность по объему 0,5%. Введение минеральной добавки значительно улучшит свойства бетонной строительной смеси, а также уменьшит расход топливных ресурсов на производство самой бетонной строительной смеси, изделий конструкций на его основе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бетонная строительная смесь, активная минеральная добавка, сернисто-щелочные стоки нефтехимических предприятий, отходы производства соды, вторичное использование материалов.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Бадикова А.Д., Сахибгареев С.Р., Федина Р.А., Рахимов М.Н., Цадкин М.А. Эффективная минеральная добавка на основе отходов нефтехимических производств для бетонной строительной смеси // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 34–40. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-34-40.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство химических производств характеризуются выходом значительного количества побочных продуктов. Утилизация их, с одной стороны, способствует существенному повышению эффективности работы химических предприятий и направлена на охрану окружающей среды, а с другой — является одним из путей химизации производства строительных материалов, снижения затрат, интенсификации технологических процессов, расширения ассортимента и повышения качества строительных изделий.

Классифицировать побочные продукты химической промышленности можно по следующим критериям: по содержанию характерного химического компонента — это железистые материалы, фосфор- и фторсодержащие шлаки, гипсо- и известьсодержащие продукты; по технологическому назначению в производстве строительных материалов — это сырьевые материалы, интенсификаторы технологических процессов, добавки-модификаторы свойств материалов. [1, 2].

Для производства строительных материалов наиболее ценным сырьем из побочных продуктов химической промышленности являются шлаки электро-

термического производства фосфора, известковые и железистые отходы, полимерные продукты, гипсосодержащие и др. [3, 4].

В производстве фосфора термическим способом в электропечах побочным продуктом являются фосфорные шлаки. При температуре 1300...1500°C фосфат кальция взаимодействует с углеродом кокса и кремнеземом, в результате чего образуются фосфор и шлаковый расплав. Шлак сливается из печей в огненно-жидком состоянии и гранулируется мокрым способом. При получении 1 т фосфора образуется 10–12 т шлака. На крупных химических предприятиях получают до 2 млн т шлака в год. Суммарное содержание в них CaO и SiO_2 – 95%, P_2O_5 и CaP_2 – 3%, Al_2O_3 – 4% [5].

В производстве ацетилена при действии воды на карбид кальция побочным продуктом является карбидная известь. Известковое тесто на основе так называемого «карбидного ила» содержит примеси неразложившегося карбида кальция и растворенного ацетилена. Содержание активных ($\text{CaO} + \text{MgO}$) в карбидной извести зависит от продолжительности ее пребывания на воздухе в отвалах и составляет 50–60% [6].

В производстве серной кислоты путем переработки серного колчедана отходом являются пиритные огарки (железистые побочные продукты). Количество в них Fe_2O_3 – 56–77%; SiO_2 – 9–22%; Al_2O_3 – 1–18%; CaO – 0,8–5,0%; MgO – 0,1–0,2%; SO_3 – 1–11%.

Отходами ряда химических и смежных с ними производств являются гипсосодержащие побочные продукты. Гипсосодержащие продукты образуются при производстве следующих продуктов: минеральных кислот (фосфогипс и фосфополугидрат, борогипс, фторангидрит, фторогипс), органических кислот (цитрогипс и др.), химической обработке древесины (гидролизный гипс), обработке водных растворов некоторых солей и кислот (кремнегипс, титаногипс и др.), очистке промышленных газов, содержащих сульфогипс; производстве солей из озерной рапы (рапной гипс) [7].

На содовых, целлюлозно-бумажных, азотно-туковых предприятиях скапливается в виде отходов значительное количество сырья, содержащего карбонат кальция. На предприятиях содовой промышленности накопились миллионы тонн твердых остатков – дистиллерных шламов. В их состав входят следующие компоненты: CaCO_3 – 50–65%, Ca(OH)_2 – 4–10%, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 5–10 %, CaCl_2 – 5–10%, примеси глинистых минералов и кварца – 5–10%. Одним из промышленных направлений использования этих ресурсов является получение известково-белитового вяжущего и силикатного кирпича на его основе. Наличие в составе отходов хлорида и сульфата кальция

значительно повышает реакционную способность сырьевой смеси, позволяя вести обжиг вяжущего при 950...1000°C [8–13].

Отходы содового производства используются также для получения наполнителя асфальтобетонных смесей, линолеума, поливинилхлоридной плитки и тампонажных материалов [14].

Сульфаткальциевые отходы производства фтороводорода используются в качестве цемента и могут найти применение при производстве строительных материалов и изделий. Это возможно благодаря получению ангидрида из отхода путем измельчения и обработки серной кислотой с последующей ее нейтрализацией кальцийсодержащим материалом, что исключает затраты тепловой энергии при получении ангидрида [15].

Шламовые отходы на основе карбоната кальция со стадий содово-каустической очистки рассола хлористого натрия применяются в качестве цементной смеси для приготовления цементного клинкера [16, 17]. Шлам предварительно разбавляют водой и обрабатывают газом на основе диоксида углерода с последующим обезвоживанием шламовых отходов и смешиванием с алюможелезосиликатным компонентом, что упрощает использование шлама в качестве цементного клинкера. Шламовый отход химводоподготовки ТЭЦ применяется в качестве вяжущего в штукатурных и кладочных растворах. Имеющийся в составе шлама карбонат кальция переводят в сульфатную фазу путем нейтрализации его раствором серной кислоты и дальнейшей автоклавной обработкой, что позволяет увеличить прочность вяжущего и уменьшить водопотребность [14, 18].

На сегодняшний день промышленность строительных материалов достаточно эффективно и в больших объемах может применять образующиеся отходы различных производств для изготовления строительных материалов.

На основе отходов различных отраслей предприятия строительных материалов выпускают изделия и материалы должного качества, причем с меньшими затратами на производство, чем при использовании первичного сырья, так как исключаются расходы на добычу, транспортирование, обработку сырья. В современных условиях вторичные сырьевые материалы используются в основном в качестве добавок, придающих строительным изделиям различные свойства, или являются заменителями минерального сырья. Промышленностью строительных материалов накоплен положительный опыт использования отходов как сырья для производства эффективных строительных материалов, таких как бетон, штукатурные и кладочные растворы, не уступающих по качеству изделиям, полученным при использовании первичного сырья [19].

Ввиду накопления большого количества различных промышленных отходов на сегодняшний день стало актуальным использовать их в качестве минеральных добавок. Например, отходы производства фосфора и бора, фосфогипс и борогипс, которые довольно эффективно заменяют гипс в бетонах и строительных растворах, но предварительная обработка этих отходов перед использованием их в качестве активной минеральной добавки — процесс довольно трудоемкий и относительно не практичный.

В сернисто-щелочных стоках нефтехимических предприятий содержание сульфат-ионов превышает нормы ПДК для рыбохозяйственных объектов в 72900 раз и для хозяйственно-бытового потребления в 72500 раз [20]. Вследствие высоких концентраций сульфат-ионов сернисто-щелочные стоки можно рассматривать как дополнительный источник сырья нефтехимических предприятий, а также производства строительных материалов [21].

В настоящей работе рассматривалось получение и определение качественных характеристик минеральной добавки на основе отходов нефтехимических и химических производств для бетонов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В качестве исходных компонентов для получения минеральной добавки использовались сернисто-щелочные сточные воды нефтехимических производств и отходы химического производства соды, состав которых представлен в табл. 1 и 2.

Из предоставленных данных видно, что по количеству содержащихся в нем примесей сток более насыщен сульфат-ионами.

Сернисто-щелочной сток обрабатывался отходом содового производства (отход II).

В эксперименте использовался отход производства соды с различными концентрациями, характеристика представлена в табл. 3.

Для приготовления образцов бетона использовались портландцемент марки 400, песок и щебень соответствуют ГОСТ.

Для подготовки отхода II с концентрациями 10, 50, 75% использовался высушенный отход химического производства в количестве 100, 500, 750 г. В коническую емкость вместимостью 1000 мл насыпали предварительно определенное путем взвешивания на аналитических весах количество отхода, далее отход заливали водой в количестве 1000 мл. Перед каждым добавлением раствор предварительно перемешивали.

Извлечение сульфат-ионов осуществляли на лабораторной установке периодического действия. В реактор помещали 200 мл исследуемой пробы сернисто-щелочной сточной воды. Затем по каплям

Таблица 1

Состав сернисто-щелочных сточных вод (отход I)

Состав	Содержание, мг/л
Сульфаты	60000–100000
Сульфиды	0,001–0,500
Фенолы	35–50
Нефтепродукты	100–200

Таблица 2

Состав отхода производства соды (отход II)

Состав	Содержание, % мас.
Mg(OH) ₂	8–10
CaCO ₃	70–80
CaSO ₄	0,5–1
NaCl	16–20
Ca(OH) ₂	5–8

Таблица 3

Характеристика отхода II

№	Концентрация, %	ρ, г/см ³
1	10	1,011–1,012
2	50	1,050–1,051
3	75	1,081–1,082

добавляли соответствующее количество отхода содового производства при постоянном перемешивании. Перемешивание осуществлялось в течение 10 минут, после чего реакционная смесь отстаивалась в течение 2 часов. Затем отделялся осадок и анализировался сток на содержание сульфат-ионов.

После предварительной сушки полученный осадок применялся в качестве активной минеральной добавки в бетонах.

Сухие составляющие бетона взвешивали в определенных количествах в соответствии с маркой бетона (табл. 4–5), высыпали на деревянный щит, обитый железом, и тщательно перемешивали.

Затем добавляли воду и перемешивали все компоненты до однородной массы. Количество используемой воды нормировали путем определения степени подвижности бетонной смеси, которую определяли при помощи стандартного конуса.

Конус, предварительно смоченный водой, наполняли бетонной смесью в три слоя одинаковой высоты, штыкуя каждый слой 25 раз металлическим стержнем. После того как бетонная смесь была уложена в конус, избыток смеси срезали металлической

Таблица 4

Расход материалов на приготовление 1 м³ бетона М 200

Материалы	Содержание, % мас.
Цемент ПЦ-400	12
Гравий	45
Песок	30
Вода	13
Добавка	0

Таблица 5

Расход материалов на приготовление 1 м³ бетона М 200 с добавлением добавки

Материалы	Содержание, % мас.
Цемент ПЦ-400	9
Гравий	45
Песок	30
Вода	13
Добавка	3

линейкой, поднимали, следя за тем, чтоб он поднимался без перекосов.

Далее при помощи линейки замеряли высоту осевшей бетонной смеси после снятия конуса. Если разница между высотой конуса и бетонной смесью составляла 3 см и более, то бетонная смесь готовилась заново. Эксперимент повторялся, пока нормальная густота бетонной смеси не была установлена, и количество взятой воды не стало оптимальным [17, 22, 23].

Бетонную смесь выкладывали шпателем в заранее подготовленные смазанные маслом формы размером 10 • 10 • 10 см. Готовились 4 образца: 2 стандартных образца бетона и 2 образца с добавлением полученной минеральной добавкой. Формы с бетонной смесью ставились на вибростол на 2–3 мин. Уплотнялись и выравнивались шпателем. Затем формы относили в пропарочную камеру и оставляли до следующего дня при температуре T = 70–90°C.

Таблица 7

Материальный баланс сернисто-щелочного стока

Взято	т, г	% мас.	Получено	т, г	% мас.
Сернисто-щелочной сток	100,00	50,00	Обработанная сточная вода	125,98	62,99
Отход содового производства (75% водный раствор)	100,00	50,00	Осадок	53,70	26,85
			Потери	20,32	10,16
	200,00	100		200,00	100

Таблица 6

Результаты определения сульфат-ионов

Отход содового производства, водн. раствор	Соотношение «сернисто-щелочной сток: отход содового производства»	Концентрация SO ₄ ²⁻ в стоке после очистки, мг/л
10%	1 : 0,6	58959,72
	1 : 0,7	39750,90
	1 : 0,8	36919,78
	1 : 0,9	36804,56
	1 : 1	32261,60
50%	1 : 0,6	42300,00
	1 : 0,7	38220,00
	1 : 0,8	35340,00
	1 : 0,9	34260,00
	1 : 1	31512,56
75%	1 : 0,6	39067,81
	1 : 0,7	37421,81
	1 : 0,8	36244,92
	1 : 0,9	34409,63
	1 : 1	30180,00

Получение активной минеральной добавки из сернисто-щелочных сточных вод осуществляли на лабораторной установке периодического действия. Концентрация сульфат-ионов в исходном стоке составляла 67600 мг/л. Результаты представлены в табл. 6.

Содержание сульфат-ионов в стоке после обработки уменьшалось на 28532–37420 мг/л. При изменении концентрации отхода производства соды и соотношении 1:1 содержание сульфат-ионов в сернисто-щелочном стоке изменяется незначительно.

Исследовалась зависимость содержания сульфат-ионов в сернисто-щелочном стоке после обработки от температуры и времени процесса (рис. 1 и 2).

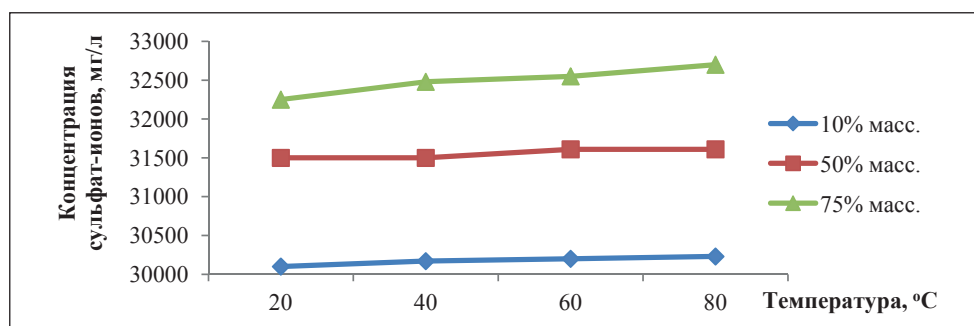


Рис. 1. Зависимость содержания сульфат-ионов в отходе I от температуры

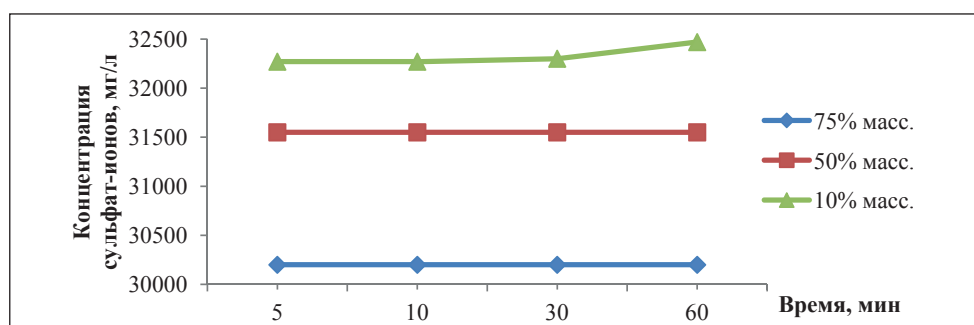


Рис. 2. Зависимость содержания сульфат-ионов в отходе I от времени

При изменении параметров процесса остаточное содержание сульфат-ионов в отходе I практически не меняется.

Рассчитан материальный баланс процесса (табл. 7).

Из рассчитанного материального баланса следует, что для получения 53,7 г осадка, который используется в дальнейшем как активная минеральная добавка в бетоны, потребуется 100 г сернисто-щелочного стока и 100 г отхода производства соды.

Для увеличения выхода осадка применяли многоэтапную обработку стока (табл. 8).

В случае обработки сернисто-щелочного стока в 3 этапа содержание сульфат-ионов в нем уменьшается в 7 раз. Исходя из полученных результатов, предпочтительна трехэтапная обработка стока для получения большего выхода осадка (табл. 9).

При обработке сернисто-щелочного стока в 3 этапа выход осадка увеличился до 230 г.

Полученный осадок использовался в качестве активной минеральной добавки для бетонов. Определялись качественные характеристики минеральной добавки по ГОСТ (табл. 10).

Экспериментальный образец является медленотвердеющим и грубого помола. Стандартная консистенция соответствует норме при массовом соотношении «добавка : вода» — «100:70».

С полученной активной минеральной добавкой были приготовлены образцы бетона марки М 200* с содержанием добавки 3% (табл. 11).

Определены качественные характеристики полученных образцов (табл. 12).

Апробированная добавка при введении в бетон не ухудшает качества изделия, а фактическая проч-

Таблица 8

Получение минеральной добавки из сернисто-щелочных сточных вод в 3 этапа

Отход содового производства, 75% водн. р-р	№ этапа	Соотношение «сернисто-щелочной сток : отход содового производства»	Концентрация SO_4^{2-} в стоке после очистки, мг/л
	1	1:1	30180,00
	2	1:1	18929,00
	3	1:1	9546,80

Таблица 9

Материальный баланс извлечения сернисто-щелочного стока

Взято	т, г	% мас.	Получено	т, г	% мас.
Сернисто-щелочной сток	300,00	50,00	Обработанная сточная вода	309,50	51,58
Отход содового производства (75% водный р-р)	300,00	50,00	Осадок	230,00	38,33
			Потери	60,50	10,08
	600,00	100		600,00	100

Таблица 10

Показатели качества полученной активной минеральной добавки

Показатель	Экспериментальный образец	Промышленный образец
Стандартная консистенция, d-диаметр распыла, 180±5 мм	Массовое соотношение «добавка : вода» — 100:70	Массовое соотношение «добавка : вода» — 100:50–100
Сроки схватывания	Начало 20 мин — конец 2 ч	Начало 20 мин — конец не нормируется
Индекс степени помола	1	1
Содержание нерастворимого остатка, %	0,5–1,7	0,6–1,6
Водопоглощение, %	0,27	0,17–0,30
Содержание кристаллизационной воды, %	9,65	8,35–9,68

Таблица 11

Характеристика бетонных образцов

Обозначение образцов		Размер образца, см	Дата	
			Заливки	Испытания
Экспериментальный образец*	№ 1	10,06x10,04x10,06	10.05.19	11.05.19
	№ 2	10,06x9,99x10,09	10.05.19	08.06.19
Контрольный образец	№ 1	10,09x9,94x10,05	14.05.19	15.05.19
	№ 2	10,10x9,89x10,08	14.05.19	12.06.19

ность составляет 250,7 кгс/см², что несколько выше прочности образца бетона без добавки.

Таблица 12

Показатели качества бетонных образцов

Показатель	Экспериментальный образец № 2	Контрольный образец № 2
Фактическая прочность, кгс/см ²	250,7	244,9
Плотность, кг/м ³	1775	1986
Влажность по массе, %	0,3	0,3
Влажность по объему, %	0,5	0,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, получена минеральная добавка на основе отходов нефтехимических и химических предприятий, определены ее качественные характеристики: индекс степени помола 1, стандартная консистенция (нормальная густота) — (180±5) мм при массовом соотношении — «добавка: вода» — 100:70, сроки схватывания — начало 20 мин, водопоглощение 0,27%, содержание воды 9,65%, доля нерастворимого остатка в растворе соляной кислоты 1,70%.

Показано, что качество бетонных изделий с добавкой соответствует требованиям ГОСТ на марку М-200 (фактическая прочность образцов — 250,7 кгс/см²; плотность 1775 кг/м³; влажность по массе 0,3%; влажность по объему 0,5%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Л.Н. Строительные материалы из отходов промышленности. — М.: Знание, 1978. — 55 с.
2. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности. — К.: Стройиздат, 1998. — С. 38–42.
3. Гладких К.В. Шлаки — не отходы, а ценное сырье. — Л.: Химия, Ленингр. отд., 1989. — С. 55–57.
4. Щукина Е.Г., Беппле Р.Р. Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности для производства строительных материалов. — М.: Химия, 2004. — С. 10–16, 20–49, 51–68, 105–116.
5. Баженов П.И. Использование отходов промышленности для производства строительных материалов. — Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1989. — С. 12–15.
6. Вихтер Я.И. Производство известково-белитовых вяжущих веществ. — М.: Высш. Школа, 1974. — С. 13–15.
7. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ. — М.: Химия, 1978. — С. 76–83.
8. Патент № 2297989 Российская Федерация, МПК C04B 11/05. Способ получения активного ангидрита: № 2005132129/03; заявл. 17.10.2005; опубл. 27.04.2007 / Зыков В.М., Зыкова Н.С., Федорчук Ю.М., Цыганкова Т.С.; 3 с.
9. Патент 2081074 Российская Федерация, МПК C04B 7/00. Способ приготовления сырьевой смеси для получения цементного клинкера: заявл. 13.02.1995; опубл. 10.06.1997 / Афанасьев В.В., Колесников В.Я., Муханов А.А., Суханов М.А., Феднер Л.А., Храпов В.С., Юсупов И.Г.; 2 с.
10. Патент № 95102840 Российская Федерация, C09K8/80. Составы для усиления разрывов пропантов, используемые для подержания разрывов открытыми: заявл. 06.05.2011; опубл. 10.10.2012 / Плотников В.А., Пейчев В.Г., Прибытков Е.А., Алексеев В.В.; 3 с.
11. Патент № 2200714 Российская Федерация, C04B11/26. Способ получения вяжущего: заявл. 23.04.2001; опубл. 20.03.2003 / Сучков В.П., Киушкин Э.В.; — 2 с.
12. Смирнов Д.Н., Дмитриев А.С. Автоматическое дозирование реагентов при обработке сточных вод и водоподготовке. — М.: Химия, 1956. — С. 174–180.
13. Краузе Л.С. Приготовление растворов и бетонных смесей. — М.: Стройиздат, 1968. — С. 22–25.
14. Ланина Т.Д. Комплексная утилизация нефтегазопромышленных отходов для обеспечения экологической безопасности и дополнительного извлечения минерального сырья. Автореф. диссер. доктора технических наук. — Ухта, 2009. — 34 с.
15. Егорова Г.И. Утилизация отходов как социальная проблема повышения качества жизнедеятельности человека // Материалы Международной научно-практической конференции / Отв. Ред. Е.И. Бражник. — СПб.: Экспресс, 2012. — С. 46–50.
16. Сигитова И.С. Оценка эффективности и классификация минеральных добавок к цементам // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 11. — С. 1109–1113.
17. Липунова И.Н., Юпатов А.А., Аликин В.И. Использование твердых промышленных отходов в производстве материалов строительного назначения // Экология и промышленность России. — 2009. — № 3. — С. 19–23.
18. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. — Введ. 2016-04-01. — М.: Стандартинформ, 2016. — 20 с.
19. Ивчатов А.Л., Гляденов С.Н. Применение отхода производства фосфора в качестве минеральной добавки в строительные материалы // Экология и промышленность России. — 2007. — № 9. — С. 10–14.
20. Муртазаев С.-А.Ю. Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья: научное издание / С.-А.Ю. Муртазаев, Д.К.-С. Батаев, З.Х. Исмаилова. — М.: Комтехпринт, 2017. — 142 с.
21. Батраков В.Г. Модификаторы бетона: новые возможности и перспективы / В.Г. Батраков // Строительные материалы. — 2006. — № 10. — С. 4–7.
22. Murtazaev S.-A.Yu. Cement concrete composites on the basis of bypassed stone and stone milling wastes / Said-Alvi Yu. Murtazaev, Dena K.-S. Batayev, Magomed S. Saydumov // Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved) 61, 2016. — № 4B/2016. — P. 327–336.
23. Ущеров-Маршак А.В. Эффективность добавок — тема бетоноведения и технологии бетона / А.В. Ущеров-Маршак, Т.В. Бабаевская // Технологии бетонов. — 2012. — № 7–8 (72–73). — С. 53–55.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бадикова Альбина Дарисовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физическая и органическая химия» технологического факультета, Уфимский государственный нефтяной технический университет; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, e-mail: badikova_albina@mail.ru;

Сахибгареев Самат Рифович, аспирант 1-го года обучения факультета общенаучных дисциплин, Уфимский государственный нефтяной технический университет; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, e-mail: samat.sax2014@yandex.ru;

Федина Регина Алсыновна, соискатель кафедры «Физическая и органическая химия» технологического факультета, Уфимский государственный нефтяной технический университет; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, e-mail: r121990@yandex.ru;

Рахимов Марат Наврузович, доктор технических наук, профессор, декан технологического факультета, Уфимский государственный нефтяной технический университет; ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450062, e-mail: tfdekan@mail.ru;

Цадкин Михаил Авраамович, доктор технических наук, профессор кафедры «Высокомолекулярных соединений и общей химической технологии» химического факультета, Башкирский государственный университет; ул. Заки Валиди 32, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450076, e-mail: kuzbassufa@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 26.12.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 04.02.2020.

Статья принята к публикации: 07.02.2020.



Achievements of nanoindustry: projects, applications, economic effect and social significance

L.N. Smirnova^{1*} , T. Rucińska² , A.I. Zvezdov¹

¹ Research Center of Construction, Moscow, Russia

² West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland

* **Corresponding author:** e-mail: lyubovsmirnova80@gmail.com

© Authors, 2020

ABSTRACT: In the paper the review of achievements of nanoindustry is carried out: the use of nanosilica as an additive that improves the fire and thermal resistance of cementitious composites; a welding filler reinforced with nanoparticles for aerospace structures; smart, mobile and autonomous station for collecting and accumulating solar and electric energy; materials authentication with the use of nuclear quadrupole resonance spectroscopy, etc.

Areas of application, economic effect and social significance of projects developed in different countries are given. For example, researchers and developers at Ben-Gurion University in the Negev, Israel and Ulyanovsk state technical University, Russia have jointly created a device in the field of alternative energy that allows you to collect and store solar and electric energy for later use. The device has a unique smart system of protection against voltage interruptions and overheating due to the controller devices and software. Also, the device has a number of innovative engineering solutions to reduce the temperature of the heated elements of the device, increase protection from dust and moisture. All this together is a unique solution different from the existing solutions capable of generating and storing solar energy for a long time (up to 10 years).

KEYWORDS: achievements of nanotechnology, nanosilica, nanoparticles, mobile and autonomous station.

FOR CITATION: Smirnova L.N, Rucińska T., Zvezdov A.I. Achievements of nanoindustry: projects, applications, economic effect and social significance. Nanotechnologies in Construction. 2020, Vol. 12, no. 1, pp. 41–45. DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45.

MAIN PART

The use of nanosilica as an additive improving the fire and thermal resistance of cementitious composites

Nanomaterials were found to be a suitable admixtures and additives for decreasing the deterioration of cement based composites (mortars and concretes) under the thermal exposure. The most common types of nanomaterials used for this purpose are: nanosilica, carbon nanotubes, and nanoclays [1]. However, the biggest attention in the recent years has been paid to nanosilica (nano-SiO₂).

Due to high reactivity of nanosilica with cement stronger, less porous and more durable microstructure of cementitious composite is produced. In addition, the bond between cement paste and aggregate particles is improved [2–3].

As a result of reaction of nano-SiO₂ with calcium hydroxide (CH) more calcium silicate hydrate (C–S–H) gel is produced. In addition, nanosilica contributes to

decreased thermal conductivity of cement-based composites [4–5]. This results in increased resistance to elevated temperature as material retains high residual strength and is less susceptible to cracking [5–7].

Another approach suggested by researchers is to improve the properties of cement admixtures and additives by coating them with nano-SiO₂ via sol-gel process [8]. Nano-SiO₂ can be used as a coating material (shell) for other nanosized admixtures with lower thermal resistance (i.e. carbon nanotubes). Therefore, increasing the resistance of core material to elevated temperature as well as improving its binding ability with cement matrix [9, 10].

A Welding Filler Reinforced with Nanoparticles for Aerospace Structures (NSF Grant 1345156/ PI: O.M. Suarez (PI) / University of Puerto Rico-Mayaguez)

In the quest for cost-efficient processes for aerospace structures, a new filler for tungsten inert gas (TIG) weld-

ing of aluminum structures was developed using nanoparticles as reinforcements.

This aluminum-based nanocomposite becomes an appealing alternative to commercial aluminium alloy fillers with lower thermal expansion coefficient and adjustable electrical resistivity to attain reasonable welding temperatures.

This breakthrough technology is based on years of development at the University of Puerto Rico of new aluminum matrix composites reinforced with diboride particles [11–12].

Further development led to a US patent [13].

This permitted a better understanding of the processing techniques needed to fabricate wires reinforced with nanoparticles with adjustable electrical resistivity and melting temperatures without significantly modifying the chemical composition [14–15].

Nowadays, the developers of these novel fillers are working on optimization parameters that concern: a) proper adjustment of the nanoparticle size and distribution in the wire; b) stir melting of the wires' parent composite; c) wire annealing and cold working; d) alternative alloying with minor additions of metals forming solid solutions with aluminum.

One important operation benefit is that no new TIG welding methods need to be developed, as the fillers are designed to be interchangeable with competing commercial ones.

Thus, this welding material can raise the standards of quality tools and infrastructure.

After practical approval the novel filler not only would meet tight aerospace specifications but also expands the range of possibilities of new derivative technologies.

In summary, the new material assists in providing improved operational efficiency in aerospace structure technology.

Smart, mobile and Autonomous station for collecting and accumulating solar and electric energy

Researchers and developers at Ben-Gurion University in the Negev, Israel and Ulyanovsk state technical University, Russia have jointly created a device in the field

of alternative energy that allows you to collect and store solar and electric energy for later use [16].

This device is an intelligent, mobile and Autonomous station for collecting and accumulating solar and electric energy, for use in smart production, smart transport and smart home. The device is capable of providing an output voltage of 100–240 V, USB charging with support for many standards of fast charging, as well as an output voltage of 12–16 V to the cigarette lighter socket. There are options for voltage output to various standards of sockets, including universal. The device has a unique, smart engineering T-shaped design that can be transformed into a mobile case for transportation and storage of the device.

The device in the unfolded form has a folding surface of solar panels on the type of accordion, the number of panels can be arbitrarily much to improve performance, in the lower, Central part, under the surfaces of solar panels is the main body containing all the main components of the device: batteries of the required capacity, AC inverter, microcontroller control software, protection controller, holders, wires, diodes, buttons, switches, output sockets, input connectors, control display, heat dissipation plates, sensors of orientation, illumination, temperature and other devices are possible for different versions of the main device, to achieve maximum output parameters. The device (Fig. 1) has a unique smart system of protection against voltage interruptions and overheating due to the controller devices and software, and the device has a number of innovative engineering solutions to reduce the temperature of the heated elements of the device, increase protection from dust and moisture. All this together is a unique solution different from the existing solutions capable of generating and storing solar energy for a long time up to 10 years.

Solar panels in the open sun at high ambient temperatures have the properties to heat up to very high temperatures, which is a problem of portable devices containing solar panels, battery systems, inverters and other electronics necessary for the operation of the device, which also emit heat during operation. It is necessary to isolate the contact of the housing and solar panels, to exclude its heating from direct sunlight and to ensure the removal

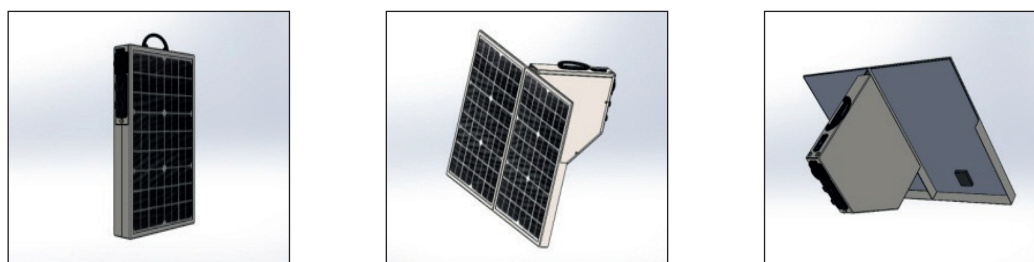


Fig. 1. General view of the device

and dispersion of heat from all components of the system and their continuous temperature control. For these purposes, the main body of the device is located in the shade of solar panels, as well as in the body of the device there is a U-shaped air channel for air circulation, which reduces the average temperature by 5–10 degrees, as well as to the walls of the body installed heat dissipation panels that remove internal heat to the ventilated outer walls of the body, which reduces the average temperature by 10–15 degrees, thus reducing the risk of overheating of the system of devices and batteries.

The microcontroller regulates the operation of the devices and provides a stable and efficient operation of the system and protection against overheating. Thus, the set of systems and factors in the complex are interrelated and allow to achieve the most effective result.

Materials authentication using nuclear quadrupole resonance spectroscopy (NSF Grant 1563688/ Soumyajit-Mandal, Hope Barkoukis, SwarupBhunia / Case Western Reserve University, University of Florida)

Counterfeit, substandard, and/or contaminated pharmaceuticals, dietary supplements, and food items have emerged as a major worldwide health problem.

High-value items such as packaged medicines, which are often sold online through untrusted supply chains, are particularly prone to fraud.

The trade in such illicit medicines is worth tens of billions of dollars annually, and these products now account for about 20% of all illegal goods seized at national borders.

This project is developing spectroscopy, data analysis, and machine learning techniques that exploit the nanoscale structure of materials in the solid state for authenticating their chemical composition.

The overall goal is to enable users throughout the supply chain to reliably verify the identity and source of consumables (medicines, supplements, and food items) using portable and low-cost devices.

The adoption of such authentication technology is expected to eventually have a major positive impact on public health by enhancing the security of the supply chain for consumables.

About 50% of all the atoms in the periodic table contain so-called quadrupolar nuclei that generate nuclear quadrupole resonance (NQR) spectra [17–18].

These include common nuclei such as nitrogen (^{14}N) and chlorine (^{35}Cl and ^{37}Cl).

The proposed authentication approach takes advantage of the sensitivity of such NQR spectra to the electric field gradient (EFG) tensor in the neighborhood of the quadrupolar nucleus, which in turn is primarily determined by the spatial distribution of valence electrons in the crystal lattice.

Thus, such spectra are highly sensitive to chemical composition and physical properties, i.e., act as unique «chemical signatures» that are difficult to emulate or falsify.

Our work has focused on i) understanding the fundamental physical principles that underlie the generation of such signatures; and ii) optimizing the sensors, measurement protocols, data analysis methods, and classification techniques to improve sensitivity and specificity, and thus the precision with which such signatures can be measured.

CONCLUSION

The Editorial Board of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» invites authors and organizations to publish materials in the heading «A review of the achievements of nanotechnology». Articles (metadata of articles) take places in «open access»:

- on the website of the electronic edition «Nanotechnologies in construction: a scientific internet-journal» http://nanobuild.ru/ru_RU/, next-section «Archive of numbers»;
- in the full text database of open access scientific journals Open Academic Journals Index (OAJI), <http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931>;
- on the website of scientific electronic library, <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1568760>;
- in the base of scientific journals Directory of Open Access Journals (DOAJ), <https://doaj.org/>, then – search journal «Nanotehnologii v Stroitel'stve»;
- in the base of scientific journals ResearchBib, <http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2075-8545>;
- on the Internet resource of scientists of all scientific disciplines ResearchGate, https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- in the international scientific base Readera – <https://readera.ru/nanobuildand> other.

This allows scientists and specialists around the world to get acquainted with the materials of the journal for free and use them in their activities, including quoting in their articles.

REFERENCES

1. Sikora P., Abd Elrahman M., Stephan D. The influence of nanomaterials on the thermal resistance of cement-based composites – a review. *Nanomaterials*. 2018, Vol. 8, no. 7, pp. 465. DOI: 10.3390/nano8070465.
2. 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.
3. Skoczylas K., Rucińska T. The effects of waste glass cullets and nanosilica on the long-term properties of cement mortars. *E3S Web of Conferences*. 2018, Vol. 49, pp. 00102. DOI: 10.1051/e3sconf/20184900102.
4. Sikora P., Horszczaruk E., Skoczylas K., Rucinska T. Thermal properties of cement mortars containing waste glass aggregate and nanosilica. *Procedia Engineering*. 2017, Vol. 196, pp. 159–166. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.07.186.
5. Kumar R., Singh S., Singh L.P. Studies on enhanced thermally stable high strength concrete incorporating silica nanoparticles. *Construction and Building Materials*. 2017, Vol. 153, pp. 506–513. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.057.
6. Yan L., Xing Y., Zhang, J., Li J. High-temperature mechanical properties and microscopic analysis of nano-silica steel fibre RC. *Magazine of Concrete Research*. 2013, Vol. 65, pp. 1472–1479. DOI: 10.1680/mac.13.00143.
7. El-Gamal S.M.A.; Abo-El-Enin S.A., El-Hosiny F.I., Amin M.S., Ramadan, M. Thermal resistance, microstructure and mechanical properties of type I Portland cement pastes containing low-cost nanoparticles. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2018, Vol. 131, no. 2, pp. 949–968. DOI: 10.1007/s10973-017-6629-1.
8. B. Coppola B., Di Maio L., Scarfato P., Incarnato L. Use of polypropylene fibers coated with nano-silica particles into a cementitious mortar. *AIP Conference Proceedings*. 2015, Vol. 1695, pp. 020056. DOI: 10.1063/1.4937334.
9. 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.
10. Katarzyna S., Rucińska T. The effects of low curing temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica. *Nanotechnologies in Construction*. 2019, Vol. 11, no. 5, pp. 536–544. DOI: 10.15828/2075- 8545-2019-11-5-536-544.
11. Suarez, O.M., Vazquez, J., & Reyes-Russi, L. (2009). Synthesis and Characterization of Mechanically Alloyed Al/AlxMg1-xB2 Composites. *Science and Engineering of Composite Materials*, 16(4), pp. 267–276. <https://doi.org/10.1515/SECM.2009.16.4.267>.
12. Corchado, M., Reyes, F., & Suarez, O.M. (2014) Effects of AlB₂ Particles and Zinc on the Absorbed Impact Energy of Gravity Cast Aluminum Matrix Composites. *JOM*, 66(6), pp. 926–934. <https://doi.org/10.1007/s11837-014-0911-5>.
13. US Patent 8,820,390 B2: “Methods and Compositions for Boride Distribution in Metal Matrix Composite”, Inventors: A.Cintron-Aponte, J.R. Vazquez Gomez, O.V. Suarez, S.R. Pedraza-Torres. Sept. 2014.
14. Florian-Algarin D., Ramos-Morales A., Marrero-Garcia M. & Suarez O.M. (2018). Study of Aluminum Wires Treated with MoB₂ Nanoparticles. *Journal of Composites Science*, 2(3).
15. Florian-Algarin D., Marrero R., Li X., Choi H. & Suarez O.M. (2018). Strengthening of Aluminum Wires Treated with A₂O₆ / Alumina Nanocomposites. *Materials*, 11 (3).
16. 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.
17. Chen C., Zhang F., Barras J., Althoefer K., Bhunia S., Mandal S. Authentication of medicines using nuclear quadrupole resonance spectroscopy, *Trans. Computational Biology&Bioinformatics*, Vol. 13:3, pp. 417–430, 2016.
18. Chen C., Zhang F., Bhunia S., Mandal S. Broadband Quantitative NQR for Authentication of vitamins and Dietary Supplements, *Journal of Magnetic Resonance*, Vol. 278, pp. 67–79, 2017.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Lyubov N. Smirnova, PhD in Engineering, Academic Secretary, JSC Research Center of Construction, 6, 2nd Institutskaya st., Moscow, 109428, Russia, lyubovsmirnova80@gmail.com

Teresa Rucińska, PhD in Engineering, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering and Architecture, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Al. Piastow 50, 70-311 Szczecin, Poland, Teresa.rucinska@zut.edu.pl

Andrey I. Zvezdov, Doctor of Engineering, Deputy General Director for scientific work, JSC Research Center of Construction, 6, 2nd Institutskaya st., Moscow, 109428, Russia, zvezdov@list.ru

Received: 09.01.2020.

Revised: 12.02.2020.

Accepted: 14.02.2020.



Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект и общественная значимость

Л.Н. Смирнова^{1*} , Т. Ручинска² , А.И. Звездов¹

¹ АО «НИЦ «Строительство», Москва, Россия

² Вест-Померанский технологический университет, Щецин, Польша

*Контакты: e-mail: lyubovsmirnova80@gmail.com

© Коллектив авторов, 2020

РЕЗЮМЕ: В реферативной форме проводится обзор достижений наноиндустрии: применение нанокремнезема в качестве добавки, улучшающей огнестойкость и жаростойкость цементных композитов; армированный наночастицами сварочный наполнитель для аэрокосмических конструкций; умная, мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии; процедура проверки подлинности материалов с использованием ядерной квадрупольной резонансной спектроскопии и др.

Приведены области применения, экономический эффект и социальная значимость проектов, разработанных в разных странах. Например, исследователи и разработчики Университета Бен-Гуриона в Негеве (Израиль) и Ульяновского государственного технического университета (Россия) совместно создали устройство в области альтернативной энергетики, позволяющее собирать и накапливать солнечную и электрическую энергию, для последующего использования. Устройство имеет уникальную интеллектуальную систему защиты от перебоев напряжения и перегрева за счет контролера устройств и программного обеспечения. Также устройство имеет ряд инженеринговых новаторских решений, позволяющих снизить температуру нагреваемых элементов устройства, повысить защиту от пыли и влаги. Все это в совокупности является уникальным решением, отличным от существующих решений, способных генерировать и накапливать солнечную энергию в течение длительного времени (до 10 лет).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: достижения наноиндустрии, нанокремнезем, наночастицы, мобильная и автономная станция.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Смирнова Л.Н., Ручинска Т., Звездов А.И. Достижения наноиндустрии: проекты, область применения, экономический эффект и общественная значимость // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 1. – С. 41–45. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-41-45.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что средства массовой информации, являясь одним из элементов концепции 4Р, активно содействуют продвижению идей ученых и специалистов, продукции компаний, разъясняя преимущества и особенности идей, товаров и услуг для пользователей. Особенно это актуально для новых перспективных направлений развития науки, технологий и промышленности, где доверия потребителей явно недостаточно. Например, когда речь идет о наноматериалах и нанотехнологиях. Именно популяризации достижений наноиндустрии в различных областях посвящен данный обзор.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Применение нанокремнезема в качестве добавки, улучшающей огнестойкость и жаростойкость цементных композитов

Наноматериалы оказались подходящими примесями и добавками для уменьшения повреждений композитов на цементной основе (растворы и бетоны) при температурном воздействии. Наиболее распространенными типами наноматериалов, используемых для этой цели, являются нанокремнезем, углеродные нанотрубки и наноклеи [1]. Однако в последние годы значительное внимание уделяется нанокремнезему (nanoSiO_2).

Благодаря высокой реакционной способности нанокремнезема с цементом увеличивается прочность композита, при этом микроструктура цементного композита становится менее пористой и более прочной. Кроме того, улучшается связь между цементной пастой и частицами заполнителя [2–3].

В результате реакции нанокремнезема с гидроксидом кальция (СН) образуется больше геля гидрата силиката кальция (С–S–Н). Кроме этого, нанокремнезем способствует снижению теплопроводности композитов на основе цемента [4–5]. Это приводит к повышению жаростойкости в связи с тем, что материал сохраняет высокую остаточную прочность и менее подвержен растрескиванию [5–7].

Другой подход заключается в улучшении свойств цементных примесей и добавок путем нанесения на них нанокремнезема с помощью процесса золь-гель [8]. Нанокремнезем можно использовать как материал покрытия (скорлупа) для других наноразмерных примесей с более низким термическим сопротивлением (т.е. углеродных нанотрубок). Таким образом, повышается жаростойкость основного материала, а также улучшается его связующая способность с цементной матрицей [9, 10].

Армированный наночастицами сварочный заполнитель для аэрокосмических конструкций (NSF Grant 1345156)

В погоне за рентабельностью для аэрокосмических конструкций был разработан новый заполнитель для вольфрамовой сварки алюминиевых конструкций инертным газом (TIG – *электродуговая сварка неплавящимся электродом в защитной атмосфере инертного газа*) с использованием наночастиц в качестве усиления.

Основанный на алюминии нанокомпозит становится заманчивой альтернативой рекламируемым заполнителям из алюминиевых сплавов с более низким коэффициентом температурного расширения и регулируемым электрическим сопротивлением для достижения разумных значений температур при сварке. Эта прорывная технология основана на многолетней разработке новых алюминиевых матричных композитов, армированных частицами диборида, проводимой в Университете Пуэрто-Рико [11–12].

Результаты последующих исследований [13] позволили лучше изучить методы обработки, необходимые для изготовления армированных наночастицами проводов с регулируемым электрическим сопротивлением и температурой плавления без существенного изменения химического состава [14–15].

В настоящее время ведутся работы по подбору оптимальных параметров, касающихся:

- а) правильного подбора размера и распределения наночастиц в проволоке;
- б) процесса перемешивания исходного композита проволоки;
- в) отжига проволоки и холодной обработки;
- г) альтернативного легирования с незначительными добавками металлов, образующих твердые растворы с алюминием.

Важным преимуществом является не новый способ сварки TIG, а по мере разработки заполнителей развитие существующего способа, что позволяет быть данному заполнителю конкурентоспособным с уже имеющимися на рынке аналогами.

Таким образом, этот сварочный материал может повысить качество инструментов и оборудования.

После полной апробации новый заполнитель не только будет отвечать жестким аэрокосмическим требованиям, но и расширит спектр возможностей новых производных технологий. Таким образом, новый материал способствует повышению эффективности использования технологии аэрокосмических конструкций.

Умная, мобильная и автономная станция для сбора и накопления солнечной и электрической энергии

Исследователи и разработчики Университета Бен-Гуриона в Негеве (Израиль) и Ульяновского государственного технического университета (Россия) совместно создали устройство в области альтернативной энергетики, позволяющее собирать и накапливать солнечную и электрическую энергию, для последующего использования [16].

Данное устройство является интеллектуальной, мобильной и автономной станцией для сбора и накопления солнечной и электрической энергии, для использования в умном производстве, умном транспорте и умном доме. Устройство способно обеспечивать выходное напряжение 100–240 В, зарядку по USB с поддержкой многих стандартов быстрой зарядки, а также выходное напряжение 12–16 В на розетку прикуривателя. Возможны варианты вывода напряжения на различные стандарты розеток, в том числе, на универсальные. Устройство имеет уникальную, умную инженерную Т-образную конструкцию, способную трансформироваться в мобильный кейс для транспортировки и хранения устройства. Устройство в разложенном виде имеет раскладываемые поверхности солнечных панелей по типу гармошка. Количество панелей может быть сколь угодно много для повышения производительности в нижней и центральной части. Под поверхностями солнечных панелей находится основной корпус, содержащий все основные компоненты устройства: аккумуляторы не-

обходимой емкости; инвертор переменного тока; микроконтроллер управления с программным обеспечением; контроллер защиты; держатели; провода; диоды; кнопки; переключатели; выходные розетки; входные разъемы; дисплей управления; теплоотводящие пластины; датчики ориентации, освещенности, температуры и другие устройства, необходимые для различных вариантов исполнения основного устройства для достижения им максимальных выходных параметров. Устройство (рис. 1) имеет уникальную интеллектуальную систему защиты от перебоев напряжения и перегрева за счет контролера устройств и программного обеспечения. Также устройство имеет ряд инженеринговых новаторских решений, позволяющих снизить температуру нагреваемых элементов устройства, повысить защиту от пыли и влаги. Все это в совокупности является уникальным решением, отличным от существующих решений, способных генерировать и накапливать солнечную энергию в течение длительного времени до 10 лет.

Солнечные панели на открытом солнце при высокой температуре окружающего воздуха имеют свойства нагреваться до очень высоких температур, что является проблемой портативных устройств, содержащих в себе солнечные панели, системы аккумуляторных батарей, инверторы и другую электронику, необходимую для функционирования устройства, которые также выделяют тепло при работе.

Необходимо изолировать контакт корпуса и солнечных батарей, исключить его нагрев от попадания прямых солнечных лучей и обеспечить отвод и рассеивание тепла от всех компонентов системы и их непрерывный температурный контроль. Для этих целей основной корпус устройств располагается в тени солнечных панелей. Кроме этого, в корпусе устройства имеется U-образный воздушный канал для циркуляции воздуха. Это позволяет снижать среднюю температуру на 5–10 градусов. Также на стенки корпуса установлены теплоотводящие панели, которые отводят внутреннее тепло на вентилируемые внешние стенки корпуса, что позволяет снижать среднюю температуру на 10–15 градусов.

Таким образом, риск перегрева системы устройств и аккумуляторов снижается. Микроконтроллер регулирует работу устройств и обеспечивает стабильную и эффективную работу системы и защиту от перегрева. Совокупность данных систем и факторов комплексно взаимосвязаны, что позволяет достичь максимально эффективного результата.

Процедура проверки подлинности материалов с использованием ядерной квадрупольной резонансной спектроскопии (NSF Grant 1563688)

Фальсифицированные, некачественные и/или загрязненные фармацевтические препараты, пищевые добавки и продукты питания стали одной из основных проблем здравоохранения во всем мире.

Особо подвержены мошенничеству такие дорогостоящие товары, как упакованные лекарственные препараты, которые часто продаются в онлайн-режиме через ненадежные цепочки посредников. Прибыль от торговли такими незаконными лекарственными средствами ежегодно достигает десятков миллиардов долларов. На долю этих продуктов сегодня приходится около 20% всех незаконных товаров, изъятых на таможне.

Проводимое исследование направлено на развитие спектроскопии, анализа данных и программирования станков, которые используют наноразмерную структуру материалов в твердом состоянии для проверки подлинности их химического состава.

Главная цель этих исследований заключается в том, чтобы позволить пользователям на каждом этапе поставки с высокой долей вероятности точно устанавливать состав и источник расходных материалов (лекарственных препаратов, добавок и продуктов питания) с помощью портативных и недорогих устройств.

Ожидается, что внедрение такой технологии аутентификации в конечном итоге окажет значительное положительное воздействие на систему здравоохранения в целом, повысив безопасность поставок расходных материалов.

Около 50% всех атомов периодической таблицы содержат так называемые квадрупольные ядра [17–

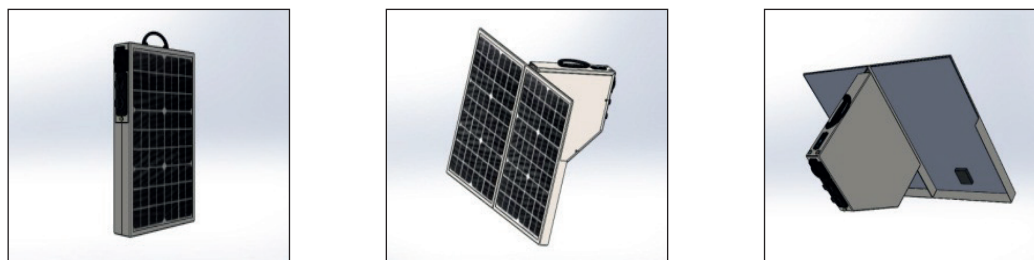


Рис. 1. Общий вид устройства

18], которые генерируют спектры ядерного квадрупольного резонанса (NQR). К ним относятся общие ядра, такие как азот (^{14}N) и хлор (^{35}Cl и ^{37}Cl).

Предлагаемый подход аутентификации использует чувствительность таких спектров ядерного квадрупольного резонанса к тензору градиента электрического поля (EFG) в окрестности квадрупольного ядра, который сначала, в свою очередь, определяется пространственным распределением валентных электронов в кристаллической решетке.

Таким образом, такие спектры обладают высокой чувствительностью к химическому составу и физическим свойствам, т.е. действуют как уникальные «химические автографы», которые трудно имитировать или фальсифицировать. Работа исследователей заключалась в:

1) понимании фундаментальных физических принципов, лежащих в основе формирования таких химических автографов;

2) оптимизации датчиков, протоколов измерений, методов анализа данных и методов классификации для повышения чувствительности и специфичности и, следовательно, точности, с которой такие химические автографы могут быть измерены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» приглашает авторов и организации к публикации

материалов в рубрике «Обзор достижений наноиндустрии». С учетом того, что 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 ученых всех научных дисциплин Research Gate, ссылка – https://www.researchgate.net/journal/2075-8545_Nanotechnologies_in_Construction;
- в научной международной базе Readera – <https://readera.ru/nanobuild> и других,

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сикора П., Абд Эльрахман М., Стефан Д. Влияние наноматериалов на термостойкость композитов на основе цемента – обзор // Наноматериалы. – 2018. – Вып. 8, № 7. – РР. DOI: 10.3390 / nano8070465.
2. Скочилас К., Ручинская Т. Прочность и долговечность цементных растворов, содержащих нанокремнезем и мелкий заполнитель из отходов стекла // Цемент Вапно Бетон. – 2018. – Vol. 3. – С. 206–215.
3. Скочилас К., Ручинская Т. Влияние боя стекла и нанокремнезема на постоянные свойства цементных растворов // E3s Вебинар. – 2018. – Вып. 49. – С. 00102. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20184900102.
4. Сикора П., Хоршарук Е., Скочилас К., Ручинская Т. Тепловые свойства цементных растворов, содержащих бой стекла и нанокремнезем // Инженерное дело. – 2017. – Вып. 196. – С. 159–166. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.07.186.
5. Кумар Р., Сингх С., Сингх Л.П. Исследования усиленного жаростойкого высокопрочного бетона, включающего наночастицы кремнезема // Строительные материалы. – 2017. – Вып. 153. – С. 506–513. – DOI: 10.1016 / j.conbuildmat.2017.07.057.
6. Ян Л., Син Ю., Чжан, Ю., Ли Ю. Высокотемпературные механические свойства и микроскопический анализ нанокремнезема стальной фибры для железобетона // Журнал исследований бетона. – 2013. – Вып. 65. – С. 1472–1479. DOI: 10.1680 / mstr.13.00143.
7. Эль-Гамаль С. М. А.Або-Эль-Энейн С. А., Эль-Хозини Ф. И., Амин С. М., Рамадан, М. Жаростойкость, микроструктура и механические свойства портландцементной пасты I типа, содержащей недорогие наночастицы // Журнал термического анализа и калориметрии. – 2018. – Вып. 131, № 2. – С. 949–968. DOI: 10.1007 / s10973-017-6629-1.
8. Коппола Б, Ди Майо Л., Скарфато П., Инкарнато Л. Применение полипропиленовых волокон, покрытых нанокремнеземными частицами, в цементном растворе // АИП сборник трудов конференции. – 2015. – Вып. 1695. – С. 020056. DOI: 10.1063 / 1.4937334.

9. 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.
10. Катаржина С., Ручинска Т. Влияние низких температур выдерживания на свойства цементных растворов, содержащих нанокремнезем // Нанотехнологии в строительстве. — 2019. — Том 11, № 5. — С. 536–544. — DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544.
11. Суарес О.М., Васкес Ж., Рейес-Русси Л. Синтез и характеристика механически легированных композитов Al/AlxMg1-xV // Наука и техника композиционных материалов. — 2009. — 16(4). — 267–276. — <https://doi.org/10.1515/SECM.2009.16.4.267>.
12. Корчадо М., Рейес Ф., Суарес О. М. (2014) Влияние частиц AlB₂ и цинка на поглощение энергии удара гравитационных композитов из литого алюминия. — JOM, 66(6). — С. 926–934.
13. Чинтрон-Апонте А., Васкес Гомез Дж. Р., Суарес О. В., Педраза-Торрес С. Р. Способы и композиции для распределения боридов в композиционном материале с металлической матрицей // Патент США 8,820,390 B2. — Сентябрь, 2014.
14. Флориан-Алгарин Д., Рамос-Моралес А., Марреро-Гарсия М., Суарес О. М. Исследование алюминиевых проволок, обработанных наночастицами MoV₂ // Журнал науки о композитах. — 2018. — 2(3). — <https://doi.org/10.3390/jcs2030050>.
15. Флориан-Алгарин Д., Марреро Р., Ли Х., Цой Х., Суарес О. М. Упрочнение алюминиевых проволок, обработанных нанокompозитами с A₂O₆ // Глиноземные нанокompозиты. Материалы. — 2018. — 11 (3). — <https://doi.org/10.3390/ma11030413>.
16. 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.
17. Чен С., Жанг Ф., Баррас Дж., Альфойфер К., Бхуния С., Мандал С. Аутентификация лекарственных средств с использованием спектроскопии ядерного квадрупольного резонанса // Вычислительная биология и биоинформатика. — Т. 13:3. — С. 417–430, 2016.
18. Чен С., Жанг Ф., Бхуния С., Мандал С. Широкополосный количественный ЯКР для проверки подлинности витаминов и диетических добавок // Магнитный резонанс. — 2017. — Вып. 278. — С. 67–79.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Смирнова Любовь Николаевна, канд. техн. наук, ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство», академический советник Российской инженерной академии, член Европейской ассоциации по сейсмостойкому строительству; ул. 2-я Институтская, д. 6, г. Москва, Россия, 109428, lyubovsmirnova80@gmail.com

Ручинска Тереза, канд. техн. наук, доцент, факультет гражданского строительства и архитектуры Вест-Померанского технологического университета, Щецин, Эл. Пястов 50, 70-311 Щецин, Польша, e-mail: Teresa.rucinska@zut.edu.pl

Звездов Андрей Иванович, докт. техн. наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе АО «НИЦ «Строительство», вице-президент РИА; ул. 2-я Институтская, д. 6, г. Москва, Россия, 109428, zvezdov@list.ru

Статья поступила в редакцию: 09.01.2020.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 12.02.2020.

Статья принята к публикации: 14.02.2020.

ON THE OBSERVANCE OF CODE OF ETHICS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET- JOURNAL» AND ON THE PROCEDURE IN CASE OF ABUSIVE PRACTICE (INFRINGEMENTS).

ON THE USE OF THE CONTENT IN ACCORDANCE WITH CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION».

DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL

General statements

Code of Ethics of the electronic edition “Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal” (further – the edition) is a collection of rules that set basic principles and values for all participants of research and publishing process. The Code regulates behavior and relations between the publisher, the editor-in-chief, editorial staff, members of international editorial council and international editorial board, authors, reviewers and readers of the edition.

These rules are obligatory to comply as that improves quality of the edition and bolsters credibility of the international scientific community as well as society to it.

These are the common principles on which the editors base their activities:

- operativeness;
- privacy;
- neutrality;
- competence;
- professionalism;
- honesty;
- courtesy;
- fairness.

These principles are specific and are performed by each side of research and publishing process in a particular way.

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 Committee 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.

15. On the procedure in case of abusive practice (infringement).

Publisher, editor-in-chief, each member of editorial staff or international editorial council, member of international editorial board, author, reviewer or reader must comply journal's Code of Ethics and is obliged to report any known facts concerning committed infringement of Code's requirements or laws, rules or statements in force.

The journal's editors immediately launch investigation on all messages that state abusive practice (infringements). If the information is confirmed, the measures to eliminate claimed abusive practice (infringements) will be taken. According to legislation, all materials, if it is necessary, are referred to proper state bodies.

In response to all author's claims the editors give full and substantiated replies and make great efforts to resolve any conflicts.

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 or 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 dis-

proof 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 or 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. Illustrations 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)

DOI

Title (In English)

Author(s):

Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country (In English)
(it is necessary to link author's profile on ORCHID website orcid.org)

***Corresponding author:** e-mail:

© Authors, 2020

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)

ACKNOWLEDGMENTS: (if available) (In English)

FOR CITATION: (In English)

For citation: (In English)

- **INTRODUCTION**
- **MAIN PART**
- **CONCLUSION**

REFERENCES (In English)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S) (In English)

Name, patronymic name (if available), last name, academic degree, academic status, position, employment, contacts: address, city, postcode, country, e-mail

Received:

Revised:

Accepted:

SECTION (In Russian)

DOI

UDC

Title (In Russian)

Author(s):

Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country (In Russian)
(it is necessary to link author's profile on ORCHID website orcid.org)

***Corresponding author:** e-mail:

© Authors, 2020

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)

ACKNOWLEDGMENTS: (if available) (In Russian)

FOR CITATION: (In Russian)

For citation: (In Russian)

- **INTRODUCTION**
- **MAIN PART**
- **CONCLUSION**

REFERENCES (In Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S) (In Russian)

Name, patronymic name (if available), last name, academic degree, academic status, position, employment, contacts: address, city, postcode, country, e-mail

Received:

Revised:

Accepted:

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. Nanotekhnologii 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: methodology, methods and research tools. Nanotekhnologii 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 resursoberegayushchie 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., Mamikonians L.G., eds. Eksploatatsiya 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. Printsipy raboty i primery. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1987. 224 p.).

Description of Internet Source:

APA Style (2011). Available at: <http://www.apastyle.org/apastyle-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 ЭТИЧЕСКОГО КОДЕКСА ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ «НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ» И ПРОЦЕДУРЫ В СЛУЧАЕ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЙ (НАРУШЕНИЙ).

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТЕНТА В СООТВЕТСТВИИ С ЛИЦЕНЗИЕЙ CREATIVE COMMONS CC-BY «ATTRIBUTION».

ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА

Общие положения

Этический кодекс электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» (далее – журнал) – это свод правил, устанавливающий основные принципы и ценностные ориентиры для всех участников научно-публикационного процесса. С его помощью регулируются поведение и взаимоотношения издателя, главного редактора, сотрудников редакции, членов международного редакционного совета и международной редакционной коллегии, авторов, рецензентов и читателей журнала.

Соблюдение этих правил носит обязывающий характер, так как способствует повышению качества издания, поддерживает доверие к нему как международного научного сообщества, так и общества в целом.

Общими принципами, на которых базируется деятельность редакции журнала, являются:

- оперативность;
- конфиденциальность;
- объективность;
- компетентность;
- профессионализм;
- честность;
- вежливость;
- добросовестность.

Эти принципы имеют свои особенности и специфически реализуются каждой стороной научно-публикационного процесса.

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, имеющих 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 пра-

вах, которыми нужно руководствоваться, содержится в международных стандартах, законах Российской Федерации, профессиональных кодексах, руководствах. Среди них – Международные стандарты Комитета по этике публикаций (Committee 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.

15. О процедурах в случае злоупотреблений (нарушений).

Издатель, главный редактор, каждый сотрудник редакции, член международного редакционного совета, член международной редакционной коллегии, автор, рецензент и читатель обязан соблюдать Этический кодекс журнала, и обязуется сообщать о любых известных ему случаях уже совершенного или потенциального злоупотребления (нарушения) требований Кодекса или действующего законодательства, правил и положений.

Редакцией журнала незамедлительно проводится расследование по всем сообщениям о злоупотреблениях (нарушениях) и, если информация подтверждается, принимаются меры по устранению злоупотреблений (нарушений). Если это требуется в соответствии с законодательством, материалы передаются в соответствующие государственные органы.

На все претензии авторов редакция предоставляет развернутые и обоснованные ответы, прилагая все усилия для разрешения конфликтных ситуаций.

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 редколлекцией 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, редколлекции 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 редколлекции 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 зна-

чимости 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 проследившись 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. Библиогра-

фический 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 за 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 содействие 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 A4.
- 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.
- Подрисовочные 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 нанопокрывом.
- 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)

DOI

Заглавие (на английском языке)

Автор(ы) (на английском языке):

обязательное указание места работы каждого автора, город, страна

(необходимо указывать ORCID авторов – зеленый значок рядом с фамилией с указанной под ним гиперссылкой на страницу ORCID на orcid.org)

***Corresponding author:** e-mail:

© Authors, 2020

ABSTRACT: 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)

KEYWORDS: (на английском языке)

ACKNOWLEDGMENTS: (при наличии) (на английском языке)

FOR CITATION: (на английском языке)

Текст статьи (на английском языке)

- INTRODUCTION
- MAIN PART
- CONCLUSION

REFERENCES (на английском языке)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S) (на английском языке)

Имя, отчество (при наличии), фамилия, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, контакты: адрес, город, почтовый индекс, страна, e-mail

Received:

Revised:

Accepted:

РУБРИКА (на русском языке)

DOI

УДК

Заглавие (на русском языке)

Автор(ы) (на русском языке):

обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (на русском языке)

(необходимо указывать ORCID авторов – зеленый значок рядом с фамилией с указанной под ним гиперссылкой на страницу ORCID на orcid.org)

***Контакты:** e-mail:

© Коллектив авторов, 2020

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 русском языке)

- ВВОДНАЯ ЧАСТЬ (ВВЕДЕНИЕ)
- ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ: (на русском языке)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ(АХ): (на русском языке)

Имя, отчество (при наличии), фамилия, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, контакты: адрес, город, почтовый индекс, страна, e-mail

Статья поступила в редакцию:

Статья поступила в редакцию

после рецензирования:

Статья принята к публикации:

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. Техничко-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. Стандартиформ, 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-2М. Описание технических характеристик и руководство пользователя. – Загорск: Издательство НИИ Прикладной Химии, 1975. – 15 с. (не опубликовано).