

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

nauchnyj Internet-zhurnal

2019 • Том 11 • № 4

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

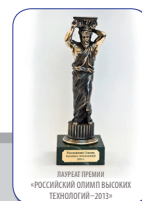
A Scientific Internet-Journal

2019 • Vol. 11 • № 4

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

научный Интернет-журнал

2019 • Том 11 • № 4



IN THE ISSUE:

В НОМЕРЕ:

- Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification
- Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация
- Determination of the amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bound by additive nano- SiO_2 in cement stone
- Определение количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ связанного добавкой нано- SiO_2 в цементном камне
- Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities
- Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов
- The inventions in nanotechnologies as practical solutions
- Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач

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 369

PUBLISHER INFORMATION

Aims and scope; The first year of output; Frequency; Topics of the articles, and target audience;
International editorial council; International editorial board; The editors; Founder and publisher;
Publication ethics; Contacts; Minimal system requirements to access the edition; Archiving;
Journal production schedule 374

TO THE AUTHORS AND READERS

Electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included
in the List of editions of the Ministry of Science and Higher Education of Poland, in which the main
results of doctorates' and bachelors' researches must be published 382

CEMENT SYSTEM NANOSTRUCTURING

UDC 691

Gusev B.V.

Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification 384

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393

SOLUTION FOR ECOLOGICAL PROBLEMS

UDC 628.349

Mazitova A.K., Sukhareva I.A., Aminova A.F., Yagafarova G.G., Savicheva Y.N.

Ozonation of woodworking enterprises using a heterogeneous nanocatalyst 394

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities 405

RESEARCH RESULTS OF THE LEADING SCIENTISTS

UDC 544.23:691.26-022.532

Potapov V.V., Efimenko Y.V., Gorev D.S.

Determination of the amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bound by additive nano- SiO_2 in cement matrices.....415

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432

The electronic edition «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A Scientific Internet-Journal».....433

DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

UDC 678

Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Buylova E.A., Distanov R.Sh.

Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters437

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446

REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

UDC 608; 69.001.5

Ivanov L.A., Prokopiev P.S.

The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part IV.....447

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457

INTERNATIONAL PRIZE

About the international Tang Prize.....458

POWER ENGINEERING NANOTECHNOLOGIES

UDC 614.841

Baikov I.R., Smorodova O.V., Trofimov A.Yu., Kuznetcova E.V.

Experimental study of heat-insulating aerogel-based nanomaterials.....462

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477

INTERNATIONAL FORUMS, CONFERENCES, SEMINARS

VIth Moscow international financial and economic forum «The Eurasian Economic Union and the EU:
search for new formats of cooperation» (Moscow, Russia, November 22, 2019)478

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

General statements, paper format guidelines, the topics of published materials, paper structure, reference format.

The authors of the published materials allow the use of the content according to the license Creative

Commons CC-BY «Attribution». Declaration Open Access of the journal.....480

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:

научный Интернет-журнал

СОДЕРЖАНИЕ

В НОМЕРЕ 369

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Цели и задачи; первый год выхода; периодичность; тематика статей и целевая аудитория;
международный редакционный совет; международная редакционная коллегия;
редакция; учредитель и издатель; издательская этика; контактные данные;
минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию;
архивирование; график издания 374

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено
в Перечень изданий Министерства науки и высшего образования Польши, в которых должны
быть опубликованы основные результаты исследований докторантов и абитуриентов 382

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

УДК 691

Гусев Б.В.

Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация 384

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

УДК 628.349

Мазитова А.К., Сухарева И.А., Аминова А. Ф., Ягафарова Г.Г., Савичева Ю.Н.

**Озонирование сточных вод предприятий деревообрабатывающей промышленности
с применением гетерогенного катализатора с наносвойствами** 394

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов 405

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕДУЩИХ УЧЕНЫХ

УДК 544.23:691.26-022.532

Потапов В.В., Ефименко Ю.В., Горев Д.С.

Определение количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$ связанного добавкой нано- SiO_2 в цементном камне 415

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал 433

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 678

Мазитова А.К., Вихарева И.Н., Аминова Г.К., Тимофеев А.А., Буйлова Е.А., Дистанов Р.Ш.

Исследование влияния количества добавок на свойства эфиров адипиновой кислоты 437

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

УДК 608; 69.001.5

Иванов Л.А., Прокопьев П.С.

Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач.

Часть IV 447

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРЕМИИ

О международной премии Тан 458

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 614.841

Байков И.Р., Смородова О.В., Трофимов А.Ю., Кузнецова Е.В.

Экспериментальное исследование теплоизоляционных наноматериалов

на основе аэрогелей 462

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ФОРУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

VI-й Московский международный финансово-экономический форум «ЕАЭС и ЕС:

поиск новых форматов сотрудничества» (г. Москва, Россия, 22 ноября 2019 года) 478

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

Общие положения, правила оформления материалов, тематика публикуемых материалов, структура статьи, оформление библиографических ссылок. Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY

«Attribution» («Атрибуция»). Декларация Open Access журнала 480

ISSUED WITH SUPPORT OF / ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING
РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ
АКАДЕМИИ



INTERNATIONAL ACADEMY
OF ENGINEERING
МЕЖДУНАРОДНОЙ
ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ



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

PUBLISHER INFORMATION

(Aims and scope; The first year of 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)

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

The Main Tasks of the Electronic Edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»:

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

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

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ

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

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

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

1. Предоставление ученым и специалистам из разных стран возможности публиковать результаты своих исследований и получать информацию о современных технологиях и материалах, высокоэффективном оборудовании в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).
2. Популяризация достижений ведущих ученых, инженеров, экспертов и исследователей из различных стран.
3. Информационная поддержка и участие в мероприятиях (форумах, конференциях, симпозиумах, семинарах, выставках, круглых столах и т.д.) по nanoиндустрии 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 издаётся с 2009 года, периодичность – 6 номеров в год.

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

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

Therefore the edition's readers and authors are:

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

**INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL
(PUBLIC ADVISORY BODY)**

Chairman of the international editorial council

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

Members of the international editorial council

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

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

Тематика статей журнала приведена в Приложении 2 (раздел «о 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.», Кали-

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

Zheng Y. FU – Chief Professor of the Wuhan University of Technology (China); Cheung Kong Scholar of the Ministry of Education of China; Academician of the World Academy of Ceramics; State Key Lab of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Wuhan University of 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, PhD in Engineering, as a Guest Professor of Wuhan University of Technology (China), Member of the International Federation of Journalists, Russian Federation

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Chairman of the international editorial board

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

Members of the international editorial board

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

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

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

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

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

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель международной редакционной коллегии

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

Члены международной редакционной коллегии

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

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

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

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

Leonid M. LYNKOV – Head of the Department «Information Security», Belarussian State University 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

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

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

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

THE EDITORS

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

исследовательского Московского государственного строительного университета, доктор материаловедения, Российская Федерация

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

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

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИЯ

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

FOUNDER AND PUBLISHER

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 prob-

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО «ЦНТ «НаноСтроительство»:

- член Международной ассоциации по связям издателей (МАСИ);
- член Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ).

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

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

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

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ЭТИКА

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

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

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

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

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.

сения редакторской правки. Мнение редакции может не совпадать с мнениями авторов, материалы публикуются с целью обсуждения актуальных вопросов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений (R).

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

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.

MINIMAL SYSTEM REQUIREMENTS TO ACCESS THE EDITION / МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ДОСТУПА К ИЗДАНИЮ

Windows

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

Macintosh

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

JOURNAL PRODUCTION SCHEDULE IN 2019 / ГРАФИК ИЗДАНИЯ В 2019 ГОДУ

№№ №№ п/п	Papers submission deadline Окончание приема материалов от авторов	Editing, proof-reading, layout, agreement Редактирование, корректурa, верстка, согласование	The approval of the issue by the Editor-in-Chief Подписание номера главным редактором	Website publication Опубликование на сайте	Note Примеч.
2019, Vol. 11, № 1 2019, Том 11, № 1	25.01.19	05.02.19	08.02.19	05.03.19	
2019, Vol. 11, № 2 2019, Том 11, № 2	12.04.19	22.04.19	26.04.19	15.05.19	
2019, Vol. 11, № 3 2019, Том 11, № 3	27.05.19	31.05.19	05.06.19	25.06.19	
2019, Vol. 11, № 4 2019, Том 11, № 4	05.08.19	14.08.19	19.08.19	28.08.19	
2019, Vol. 11, № 5 2019, Том 11, № 5	11.09.19	24.09.19	27.09.19	11.11.19	
2019, Vol. 11, № 6 2019, Том 11, № 6	01.11.19	15.11.19	22.11.19	27.12.19	

Issue 2019, Volume 11, № 4 approved on 19.08.2019

Номер 2019, Том 11, № 4 подписан 19.08.2019 г.

Dear colleagues!

We'd like to inform you that the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» is included in the List of Publications of the Ministry of Science and Higher Education of Poland, in which the main research results of doctoral students and applicants have to be published.

Załącznik do komunikatu Ministra Nauki
i Szkolnictwa Wyższego
z dnia 31 lipca 2019 r.

WYKAZ

czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych
wraz z przypisaną liczbą punktów

Lp.	Tytuł, numer ISSN/numer eISSN	Liczba punktów	Przypisane dyscypliny naukowe
...			
14757	Nanotechnologies in Construction-A Scientific Internet-Journal 2075-8545	20	automatyka, elektronika i elektrotechnika; inżynieria chemiczna; inżynieria materiałowa; inżynieria mechaniczna; nauki farmaceutyczne;
...			

It should be noted that articles from the journal (article metadata) are openly accessible in international citation systems (databases), which allows scientists and specialists all over the world to freely familiarize themselves with the journal materials and use them in their activities, including quoting them in their articles.

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

Уважаемые коллеги!

Сообщаем, что электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено в Перечень изданий Министерства науки и высшего образования Польши, в которых должны быть опубликованы основные результаты исследований докторантов и абитуриентов.

Załącznik do komunikatu Ministra Nauki
i Szkolnictwa Wyższego
z dnia 31 lipca 2019 r.

WYKAZ

czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych
wraz z przypisaną liczbą punktów

Lp.	Tytuł, numer ISSN/numer eISSN	Liczba punktów	Przypisane dyscypliny naukowe
...			
14757	Nanotechnologies in Construction-A Scientific Internet-Journal 2075-8545	20	automatyka, elektronika i elektrotechnika; inżynieria chemiczna; inżynieria materiałowa; inżynieria mechaniczna; nauki farmaceutyczne;
...			

Следует отметить, что статьи из журнала (метаданные статей) размещаются в «открытом доступе» в международных системах цитирования (базах данных), что 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.

С уважением,
редакция электронного издания
«Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал»

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393

UDC 691

Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification

Author:

Boris V. Gusev,

Head of the Department of Construction Materials and Technologies at Russian University of Transport,
Moscow, Russia, e-mail: info-rae@mail.ru

Abstract: The author is the first to propose the filling and nanostructuring of coarse materials such as concrete. Existing grinding methods in construction materials provide particle sizes of 10–50 microns (microns), including cement particles. It is preferable to use cavitation technology in suspensions when producing smaller particles.

The article discusses the nanostructuring of cement systems by introducing ultra- and nanodispersed mineral additives. At the same time, additional grinding of mineral additives is carried out at cavitation plants. Nanostructuring provides compaction of concrete structures and increase the strength characteristics of concrete up to 2.5 times.

Keywords: physical model, mineral aggregates, cavitation grinding, structure, nanostructuring, strength.

For citation: Gusev B.V. Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification // Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 384–393. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393.

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

`
Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 384–393. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Gusev B.V. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="info-rae@mail.ru" rel="cc:morePermissions">info-rae@mail.ru.`

The paper has been received by editors: 02.07.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 18.07.2019.

The paper has been accepted for publication: 04.08.2019.

Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация

Автор:

Гусев Борис Владимирович,

зав. кафедрой «Строительные материалы и технологии» Московского университета транспорта,
Москва, Россия, e-mail: info-rae@mail.ru

Резюме: Автором впервые предлагается наполнение и наноструктурирование грубодисперсных материалов типа бетонов. Существующие методы измельчения в строительных материалах обеспечивают получение дисперсности частиц 10–50 мкм (микрон), в том числе и частиц цемента. Предпочтительно при получении более мелких частиц применять кавитационную технологию в суспензиях.

В статье рассматривается наноструктурирование цементных систем за счёт введения ультра- и нанодисперсных минеральных добавок. При этом дополнительное измельчение минеральных добавок выполняется на кавитационных установках. Наноструктурирование обеспечивает уплотнение бетонных структур и повышение прочностных показателей бетона до 2,5 раз.

Ключевые слова: физическая модель, минеральные наполнители, кавитационное измельчение, структура, наноструктурирование, прочность.

Для цитирования: Гусев Б.В. Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 384–393. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393.

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

`
Concrete with fillers of various dispersion and their nanomodification by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 384–393. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-384-393" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Gusev B.V. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="info-rae@mail.ru" rel="cc:morePermissions">info-rae@mail.ru.`

Статья поступила в редакцию: 02.07.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 18.07.2019.

Статья принята к публикации: 04.08.2019.

INTRODUCTION

In Russia, ashes are widely used as mineral additives (fillers) for concrete mixtures. Table 1 presents the results of studies of the properties of concrete with the combined use of dump and dry ash in fine-grained concrete mixtures. These mineral additives have varying degrees of dispersion, differing by an order of magnitude.

It follows from Table 1 that the use of fillers of mineral additives of varying degrees of dispersion provides a reduction in cement consumption from 498 to 300 kg/m³ and the production of concrete of approximately the same strength R_{cr} (43.7 and 41.2 MPa) under the conditions of heat treatment of products after 1 day.

MAIN PART

Since the beginning of the 80s, the author began his work on the problem and features of nanostructured multi-tonnage materials. In this case, nanostructures do not cover the entire volume of materials, but form nanostructured layers in the total volume of the material. Therefore, we can expect to obtain additional structural bonds and increase the strength of bulk materials and increase technical properties by 2–2.5 times [1].

Natural molecular nanotechnology constructed systems in a “bottom-up” manner, which ensured the diversity of the world and the very existence of the highest form

of matter — living organisms. Artificial nanotechnology creates nanosystems both “bottom-up” and “top-down”. The phenomena of self-organization are already known, however, for this it is first necessary to obtain nanosized particles [1, 2].

Chemical and physical technologies, of course, are the main ones in the production of nanodispersed particles (dissolution and polycondensation processes, cryogenic technologies, plasma method, and many others) [3, 4, 5]. According to the degree of dispersion, it is proposed to classify ultrafine materials depending on the average grain size in nm as follows [4]:

- fine materials — 10⁴–10³ nm (10⁻¹ microns);
- ultrafine materials — 10³–10² nm (1–10⁻¹ microns);
- nanomaterials — less than 10² nm (<10⁻¹ microns).

From the point of view of productivity and cost of production of large-tonnage materials, a special role is devoted to the methods of mechanical and mechanochemical grinding, which on an industrial scale make it possible to obtain fine particles.

The Scientific and Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZhB) of the Gosstroy of the USSR, under the guidance of the author, has been studying the features of using activation modes using vibration-pulse modes since the 1980s. Rotary pulsation apparatus (RPA) were the primary equipment, widely used in various sectors of the economy for emulsions and suspensions. In the working chamber of the

Table 1

The introduction of mineral additives in the form of ash and microsilica in the composition of sand concrete

№	Actual concrete composition, m (mass)*								Rigidity sec.	Bulk density, kg/m ³	Water cement ratio, W/C	Compressive strength R _{Compress} , 1 day MPa
	m _c , kg/m ³	m _s , kg/m ³	m _a , kg/m ³	m _m , kg/m ³	m _m , %	m _{S-3} , kg/m ³	m _{S-3} , %	m _w , kg/m ³				
1	567	1120	332					225	40	2191	0,40	45,9
2	498	1285	300					197	40	2250	0,39	43,7
3	380	1458	248					156	40	2205	0,41	30,6
4	485	1063	315	54,6	10	5,46	1	176	40	2010	0,36	56,0
5	443	1269	298	49,5	10	5,05	1	179	40	2200	0,40	48,0
6	315	1347	229	38,0	10	3,88	1	164	20	2040	0,52	34,0
7	460	1135	336	115,0	20	11,50	2	196	40	2225	0,43	64,2
8	412	1328	314	103,0	20	10,50	2	196	40	2320	0,48	58,2
9	300	1432	244	74,8	20	7,48	2	144	40	2166	0,48	41,2
10	408	1151	341	174,5	30	17,40	3	214	40	2274	0,52	65,3
11	315	1164	271	135,0	30	13,50	3	147		2030	0,46	
12	270	1487	253	116,0	30	11,60	3	158	40	2260	0,59	55,7

* m_c — mass of concrete, m_s — mass of sand, m_a — mass of ashes, m_m — mass of microsilica, m_{S-3} — the amount of S-3 superplasticizers, m_w — mass of water.

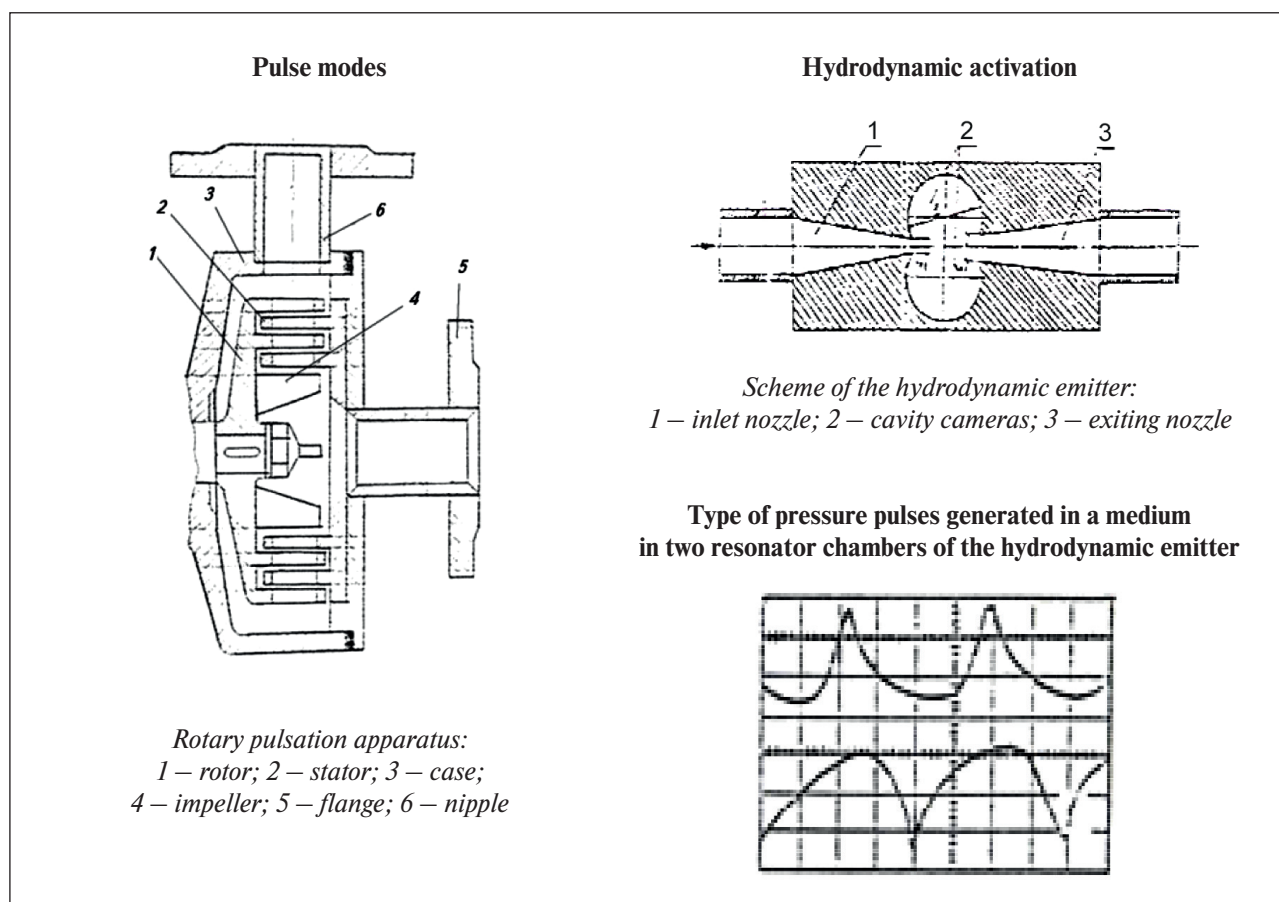


Fig. 1. Wave activation processes

pump, which consists of a fixed part (stator) and a moving part (rotor), various emulsions, including cement emulsions, are supplied under pressure. When the rotor rotates in the working chamber, high-frequency acoustic vibrations occur accompanied by cavitation and hydrodynamic phenomena, under the action of which particles of the material of emulsions and suspensions are crushed [6].

Work on the activation of cement suspensions was continued for other cavitators (rotary pulsation apparatus, hydrodynamic emitters), which provide a significant increase in the strength of heavy concrete. Fig. 1 shows diagrams of equipment and pulsed modes.

One of the promising technologies for producing emulsions and dispersions is cavitation grinding technology. Cavitation is a physical phenomenon of the sequential formation, growth and collapse of microscopic bubbles in a liquid. The collapse of the bubble creates high localized temperatures and pressures. The effect of cavitation can be achieved using acoustic and hydrodynamic cavitation.

Acoustic cavitation is induced when high-frequency ultrasonic waves (16 kHz – 100 MHz) pass through a liq-

uid. With the passage of ultrasound through the liquid, zones of increased and reduced pressure are formed, which leads to a rupture of the fluid continuity and the formation of cavitation. Cavitation conditions depend on the intensity and frequency of ultrasound, the physical properties of the liquid, as well as the temperature and solubility of gases [7, 8].

In conditions of hydrodynamic cavitation, a passive hydrodynamic dispersant (hereinafter – PGD) is used to form and collapse the bubbles. Its construction includes cavitation bodies, which are metal rods of circular cross section, when passing through which the continuity of water breaks, and cavitation bubbles form. To ensure high fluid pressure, a vertical centrifugal pump is used, which provides a pressure of up to 6 atm.

The principle of operation of a passive hydrodynamic dispersant is shown in Fig. 2.

If there is effective equipment for additional grinding of mineral particles, it will be possible to ensure high density of concrete at the macro and micro levels, as well as significantly increase its strength.

The physical model of nano-modified concrete can be represented by cement particles of 20–80 μm in size,

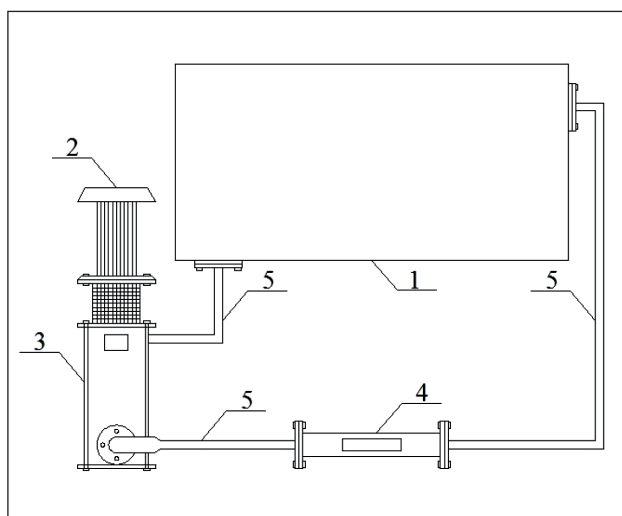


Fig. 2. Diagram of a hydrodynamic cavitation installation

1 – working capacity for receiving the solution;
 2 – 3 kW electric motor;
 3 – multi-stage multi-row pump;
 4 – passive hydrodynamic dispersant;
 5 – connecting elements

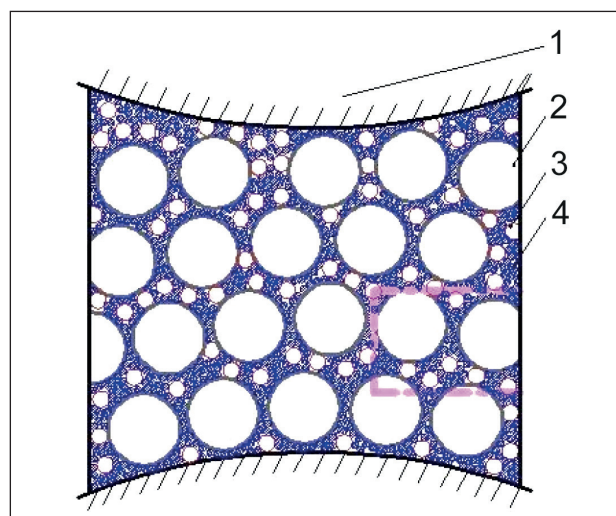


Fig. 3. Nanostructuring of fine-grained concrete

1 – sand particles;
 2 – cement particles;
 3 – finely ground mineral particles;
 4 – nanoscale particles

Table 2

The composition of fine-grained concrete

Materials Characteristics	Sand, kg/m ³	Cement, kg/m ³	Filler H ₁ , kg/m ³	Filler H ₂ , kg/m ³	Filler H ₃ , kg/m ³
Material consumption	1350–1400	450–500	150–300	75–150	30–75
Grain sizes	0,5–1 mm	20–80 μm	2–8 μm	0,2–0,8 μm	50–90 nm

finely ground mineral particles of 2–8 μm, ultrafine particles – 0.2–0.8 μm and nanodispersed particles <100 nm (0.1 μm), as shown in Fig. 3 [9, 10, 11].

To solve this problem and obtain nanostructured concrete using a 3-fraction filler, it was hypothesized that a high density of the mineral skeleton can be obtained provided that the volume ratio of each subsequent filler fraction to the previous one is 7:3 (8:3) with a diameter fine particles are 8–10 times smaller than coarse particles. The composition used is shown in table 2.

CONCLUSION

The work on concrete nanostructure is of great practical importance and can be implemented using cavitators of various designs for additional grinding. How-

ever, for the technological process, the finely dispersed components prepared by the concrete mixture must have the possibility of long-term storage in the composition of the emulsions. Therefore, the published publications using the name nanocement are erroneous, since nanocement hardens quickly, several times faster than the duration of preparation of the concrete mixture, its transportation, laying and compaction.

To eliminate this phenomenon, it is enough to increase the fineness of grinding of mineral additives, they provide the effect of nanostructuring of concrete and can be stored in suspensions for a long time – up to several days. Therefore, the author in literary sources refers to the patent Nano-binders, which has a great prospect of application in the industry of manufacturing concrete and reinforced concrete [9].

ВВЕДЕНИЕ

В России в качестве минеральных добавок (наполнителей) для бетонных смесей широко используются золы. В табл. 1 представлены результаты исследований свойств бетонов при совместном применении отвалных зол и зол сухого отбора в составе мелкозернистых бетонных смесей. Эти минеральные добавки имеют различные степени дисперсности, отличающиеся на порядок.

Из табл. 1 следует, что применение в качестве наполнителей минеральных добавок различной степени дисперсности обеспечивает снижение расхода цемента с 498 до 300 кг/м³ и получение бетона примерно одинаковой прочности $R_{сж}$ (43,7 и 41,2 МПа) в условиях тепловой обработки изделий через 1 сутки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С начала 80-х годов автором начаты работы по проблеме и особенностях наноструктурированных многотоннажных материалов. В этом случае наноструктуры охватывают не весь объем материалов, а как бы образуют наноструктурные слои в общем объеме материала. Поэтому можно ожидать получение дополнительных структурных связей и повышение прочности массивных материалов и увеличение технических свойств в 2–2,5 раз [1].

Природная молекулярная нанотехнология собирала системы «снизу-вверх», чем обеспечила многообразие мира и само существование высшей формы материи — «живых организмов». Искусственная нанотехнология создает наносистемы как «снизу-вверх», так и «сверху-вниз». Уже сейчас известны явления самоорганизации, однако для этого предварительно надо получать наноразмерные частицы [1, 2].

Химические и физические технологии, безусловно, являются основными при получении нанодисперсных частиц (процессы растворения и поликонденсации, криогенные технологии, плазменный способ и многие другие) [3, 4, 5]. По степени дисперсности предложено классифицировать сверхмелкозернистые материалы в зависимости от среднего размера зерен в нм следующим образом [4]:

- тонкодисперсные материалы — 10^4 – 10^3 нм (10^{-1} мкм);
- ультрадисперсные материалы — 10^3 – 10^2 нм (1 – 10^{-1} мкм);
- наноматериалы — менее 102 нм ($<10^{-1}$ мкм).

С точки зрения производительности и себестоимости процесса производства многотоннажных материалов особое место занимают методы механического и механохимического измельчения, которые в промышленных масштабах позволяют получать тонкодисперсные частицы.

Таблица 1

Введение минеральных добавок в виде золы и микрокремнезема в состав песчаных бетонов

Фактический состав бетона, т (масса)*									Жест- кость, сек.	Объ- емная масса, кг/м ³	Водо- цементное отношение, В/Ц	Прочность при сжатии $R_{сж}$, 1 сут. МПа
№ п/п	$m_{ц}$, кг/м ³	$m_{п}$, кг/м ³	$m_{з}$, кг/м ³	$m_{мк}$, кг/м ³	$m_{мк}$, %	$m_{с-3}$, кг/м ³	$m_{с-3}$, %	$m_{в}$, кг/м ³				
1	567	1120	332					225	40	2191	0,40	45,9
2	498	1285	300					197	40	2250	0,39	43,7
3	380	1458	248					156	40	2205	0,41	30,6
4	485	1063	315	54,6	10	5,46	1	176	40	2010	0,36	56,0
5	443	1269	298	49,5	10	5,05	1	179	40	2200	0,40	48,0
6	315	1347	229	38,0	10	3,88	1	164	20	2040	0,52	34,0
7	460	1135	336	115,0	20	11,50	2	196	40	2225	0,43	64,2
8	412	1328	314	103,0	20	10,50	2	196	40	2320	0,48	58,2
9	300	1432	244	74,8	20	7,48	2	144	40	2166	0,48	41,2
10	408	1151	341	174,5	30	17,40	3	214	40	2274	0,52	65,3
11	315	1164	271	135,0	30	13,50	3	147		2030	0,46	
12	270	1487	253	116,0	30	11,60	3	158	40	2260	0,59	55,7

* $m_{ц}$ — масса цемента, $m_{п}$ — масса песка, $m_{з}$ — масса золы, $m_{мк}$ — масса микрокремнезема, $m_{с-3}$ — количество суперпластификаторов С-3, $m_{в}$ — масса воды.

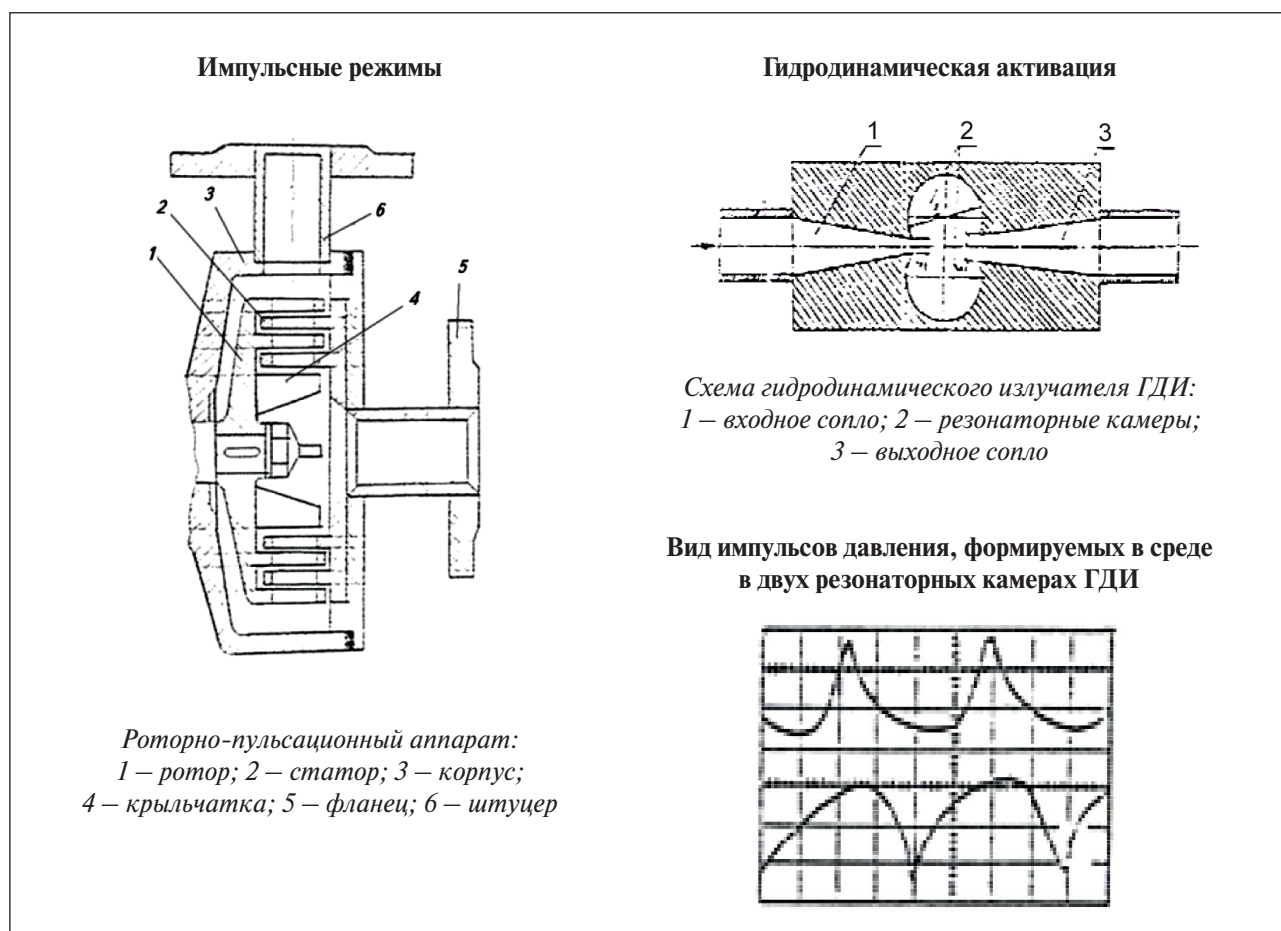


Рис. 1. Волновые процессы активации

В научно-исследовательском институте бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР под руководством автора уже с 1980-х годов изучали особенности применения режимов активации с использованием вибрационно-импульсных режимов. В качестве оборудования использовали роторно-пульсационный аппарат (РПА), широко применяемый в различных отраслях народного хозяйства для получения эмульсий и суспензий. В рабочую камеру насоса, состоящую из неподвижной части (статора) и подвижной (ротора), под давлением подаются различные эмульсии, в том числе цементные. При вращении ротора в рабочей камере возникают высокочастотные акустические колебания в сопровождении кавитационных и гидродинамических явлений, при действии которых происходят измельчение частиц материала эмульсий и суспензий [6].

Работы по активации цементных суспензий были продолжены для других кавитаторов (роторно-пульсационные аппараты, гидродинамические излучатели), которые обеспечивают существенное

повышение прочности тяжелого бетона. На рис. 1 представлены схемы оборудования и импульсных режимов.

Одной из перспективных технологий получения эмульсий и дисперсий является кавитационная технология измельчения. Кавитация – физическое явление последовательного образования, роста и коллапса микроскопических пузырьков в жидкости. Схлопывание пузырька создает высокие локализованные температуры и давления. Эффект кавитации можно достичь с помощью акустической и гидродинамической кавитации.

Акустическая кавитация индуцируется при прохождении через жидкость ультразвуковых волн высокой частоты (16 кГц – 100 МГц). При прохождении ультразвука через жидкость образуются зоны повышенного и пониженного давления, что приводит к разрыву сплошности жидкости и образованию кавитации. Условия возникновения кавитации зависят от интенсивности и частоты ультразвука, физических свойств жидкости, а также температуры и растворимости газов [7, 8].

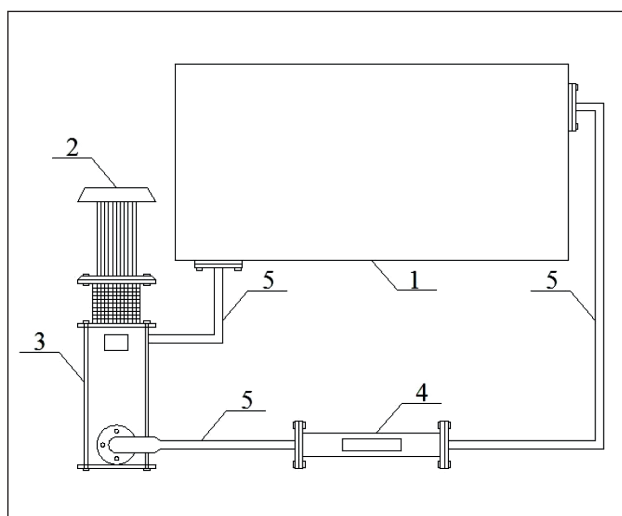


Рис. 2. Схема гидродинамической кавитационной установки

- 1 – рабочая емкость для приема раствора;
2 – электрический двигатель мощностью 3 кВт;
3 – многоступенчатый многоярядный насос;
4 – пассивный гидродинамический диспергатор;
5 – соединительные элементы

В условиях гидродинамической кавитации для образования и схлопывания пузырьков используется пассивный гидродинамический диспергатор (далее – ПГД). В его конструкцию включены кавитационные тела, представляющие собой металлические стержни круглого сечения, при прохождении через которые сплошность воды разрывается и образуются кавитационные пузырьки. Для обеспечения высокого давления жидкости используется вертикальный центробежный насос, который обеспечивает давление до 6 атм.

Принцип работы пассивного гидродинамического диспергатора представлен на рис. 2.

При наличии эффективного оборудования по дополнительному измельчению минеральных частиц можно будет обеспечить высокую плотность бетона на макро- и микроуровне, а также существенно повысить его прочность.

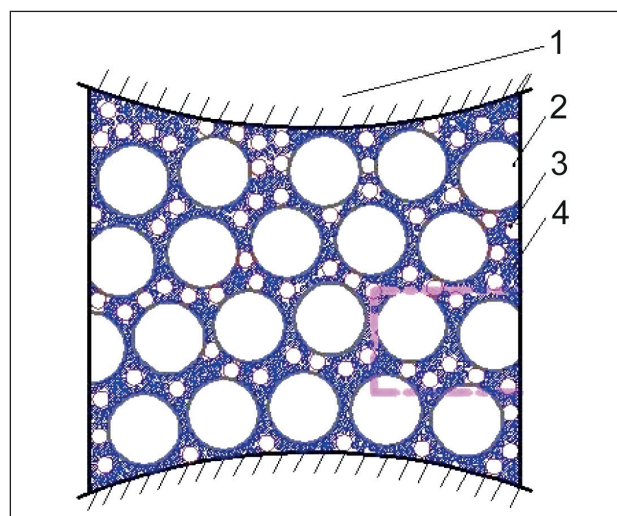


Рис. 3. Наноструктурирование мелкозернистых бетонов

- 1 – частицы песка;
2 – частицы цемента;
3 – тонкомолотые минеральные частицы;
4 – наноразмерные частицы

Физическая модель наномодифицированного бетона может быть представлена частицами цемента размерами 20–80 мкм, тонкомолотыми минеральными частицами 2–8 мкм, ультрадисперсными – 0,2–0,8 мкм и нанодисперсными частицами <100 нм (0,1 мкм), что показано на рис. 3 [9, 10, 11].

Для решения этой задачи и получения наноструктурного бетона с использованием 3-фракционного наполнителя была выдвинута гипотеза о том, что высокую плотность минерального скелета можно получить при условии, что соотношение объемов каждой последующей фракции наполнителя к предыдущей составляет 7:3 (8:3) при диаметре частиц мелкой фракции в 8–10 раз меньше, чем крупной. В работе применялся состав, указанный в табл. 2.

Таблица 2

Состав мелкозернистых бетонов

Материалы Характеристики	Песок, кг/м ³	Цемент, кг/м ³	Наполнитель Н ₁ , кг/м ³	Наполнитель Н ₂ , кг/м ³	Наполнитель Н ₃ , кг/м ³
Расход материала	1350–1400	450–500	150–300	75–150	30–75
Размеры фракций	0,5–1 мм	20–80 мкм	2–8 мкм	0,2–0,8 мкм	50–90 нм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа по наноструктурированию бетона имеет большое практическое значение и может быть реализована с использованием для дополнительного измельчения кавитаторов различной конструкции. Однако для технологического процесса приготовления бетонной смеси тонкодисперсные составляющие должны иметь возможность длительного хранения в составе эмульсий. Поэтому встречающиеся публикации с использованием названия наноцемент ошибочны, так как наноцемент быстро твердеет,

в несколько раз быстрее, чем продолжительность приготовления бетонной смеси, ее транспортировка, укладка и уплотнение.

Для устранения этого явления достаточно увеличивать тонкость помола минеральных добавок, они обеспечивают эффект наноструктурирования бетона и могут храниться в суспензиях длительное время — до нескольких дней. Поэтому автор в литературных источниках ссылается на патент «Нановязущие», что имеет большую перспективу применения в промышленности изготовления бетона и железобетона [9].

REFERENCES

1. Gusev B.V. Razvitie nanonauki i nanotekhnologii [The development of nanoscience and nanotechnology]. Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Kompozicionnye stroitel'nye materialy. Teorija i praktika» [International scientific and technical conference «Composite building materials. Theory and practice»]. Penza, Volga House of Knowledge, 2007, p. 70–73. (In Russian).
2. Melekhov I.V. Fiziko-himicheskaja jevoljucija tverdogo veshhestva (nanotekhnologija) [Physical and chemical evolution of solids (nanotechnology)]. Moscow, Publishing House «BINOM. Laboratory of Knowledge», 2006. 309 p. (In Russian).
3. Shabanova N.A., Popov V.V., Sarkisov P.D. Himija i tehnologija nanodispersnyh oksidov [Chemistry and technology of nanosized oxides]. Moscow, Academic Book, 2007. 309 p. (In Russian).
4. Generalov M.B. Kriohimicheskajanotekhnologija [Cryochemical nanotechnology]. Moscow. Akademkniga, 2006. 332 p.
5. Blinkov I.V., Manukhin A.V. Nanodispersnye i granulirovannye materialy, poluchennye v impul'sivnoj plazme [Nanodispersed and granular materials obtained in impulsive plasma]. Moscow, MISIS, 2005. 367 p. (In Russian).
6. Gusev B.V., Galkina T.Yu. Vibracionno-impul'snyj sposob prigotovlenija trudno smeshivaemyh s vodoj dobavok [Vibration-pulse method of preparation of additives difficult to mix with water]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1983. No. 12. P. 13–14. (In Russian).
7. Li G.Y., Wang P.M., Zhao X. Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes. Carbon. 2005. Vol. 43. P. 1239–1245.
8. Konsta-Gdoutos M.S., Metaxa Z.S., Shah S.P. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials. Cement and Concrete Research. 2010. Vol. 40. P. 1052–1059.
9. Gusev B.V., Minsadrov I.N., Selivanov N.P. Nanovjazhushhie [Nanobinders]. Russian Federation Patent No. 2412919. 2009. (In Russian).
10. Gusev B.V. Perspektivnye tehnologii pri proizvodstve sbornogo zhelezobetona [Promising technologies in the production of precast concrete]. Monograph. 2nd Edition. Izhevsk 2015, 206 p. (In Russian).
11. Gusev B.V., Falikman V.G. Concrete and reinforced concrete in the era of sustainable development. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. 2016. № 2. P. 30–38. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Б.В. Развитие нанонауки и нанотехнологий // Международная научно-техническая конференция «Композиционные строительные материалы. Теория и практика». — Пенза: Поволжский дом знаний, 2007. — С.70–73.
2. Мелехов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества (нанотехнология). — Москва: «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2006. — 309 с.
3. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. — Москва: Академкнига, 2007. — 309 с.
4. Генералов М.Б. Кримохимическая нанотехнология. — М.: Академкнига, 2006. — 325 с.
5. Блинков И.В., Манухин А.В. Нанодисперсные и гранулированные материалы, полученные в импульсивной плазме. — Москва, «МИСИС», 2005. — 367 с.
6. Гусев Б.В., Галкина Т.Ю. Вибрационно-импульсный способ приготовления трудно смешиваемых с водой добавок // Бетон и железобетон. — 1983. — № 12. — С.13–14.
7. Li G.Y., Wang P.M., Zhao X. Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes. Carbon. 2005. Vol. 43. P. 1239–1245.

8. Konsta-Gdoutos M.S., Metaxa Z.S., Shah S.P. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials. Cement and Concrete Research. 2010. Vol. 40. P. 1052–1059.
9. Гусев Б.В., Минсадров И.Н., Селиванов Н.П. Нановяжущие // Патент РФ № 2412919. — 2009.
10. Гусев Б.В. Перспективные технологии при производстве сборного железобетона: монография. — Издание 2-ое. — Ижевск. — 2015. — 206 с.
11. Гусев Б.В., Фаликман В.Г. Бетон и железобетон в эпоху устойчивого развития // Промышленное и гражданское строительство. — 2016. — № 2.— С. 30–38.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Boris V. Gusev, Doctor of Engineering, Prof., Corresponding Member of the RAS, RAE Acad., Head of the Department of Construction Materials and Technologies at Russian University of transport, Moscow, Russia, e-mail: info-rae@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гусев Борис Владимирович, д-р техн. наук, проф., член-корр. РАН, акад. РИА, зав. кафедрой «Строительные материалы и технологии» Московского университета транспорта, Москва, Россия, e-mail: info-rae@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: info-rae@mail.ru

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404
UDC 628.349

Ozonation of woodworking enterprises using a heterogeneous nanocatalyst

Authors:

Aliya K. Mazitova,

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

Irina A. Sukhareva,

Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, PhD in Engineering, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, e-mail: suhareva-ira@yandex.ru;

Alfia F. Aminova,

Postgraduate student, Applied Ecology Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, e-mail: aminovagk@inbox.ru;

Guzel G. Yagafarova,

Professor, Head of Applied Ecology Department, Doctor of Engineering, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, e-mail: kafedra_ecologia@mail.ru;

Yuliya N. Savicheva,

Associate Professor, Industrial Safety and Labor Protection Department, PhD in Engineering, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, e-mail: ufa.savjulia@gmail.com

Abstract: Despite the variety of existing methods of wastewater treatment, this problem can not be considered solved for the woodworking industry. Taking into account that the waste water of plywood-board plants includes phenols, formaldehyde and many other toxic substances, the development of a method for their treatment is an extremely important and actual task. In this regard, we studied the effectiveness of wastewater treatment of the Ufa plywood-board factory (UPBF) by ozonation in the presence of the available and most studied heterogeneous catalysts: Fe_2O_3 , applied in the form of nanofilms of 0.5–1.0 mm particles $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$; Al_2O_3 , applied in the form of nanofilms 2.5–3.0 mm particles of TiO_2 ; MnO_2 , applied in the form of nanofilms 2.5–3.0 mm particles of TiO_2 . Optimal cleaning conditions were determined by the kinetic curves of phenol decomposition. The results of the conducted experiments on catalytic ozonation of wastewater showed a high purification effect. COD decreased 1.7 (Al_2O_3 , MnO_2) and 3 times (Fe_2O_3) compared to non-catalyst ozonation. The obtained results allow us to confidently assert that in order to improve the efficiency of treatment of UPBF's wastewater needs ozonation to be carried out in the presence of a heterogeneous nanocatalyst Fe_2O_3 , which is used in a small amount, so there is no need to purify water from iron (III) ions as in homogeneous catalysis. The concentration of iron ion (III) did not exceed the maximum permissible concentration in drinking water (0.3 mg/dm^3). The effect of treatment of COD is up to 96%. The paper presents physical and chemical parameters of the quality of the original wastewater and after ozonation in the presence of the catalyst Fe_2O_3 . The studied method of purification makes it possible to reduce the content of phenol to the standard quality index (0.01 mg/dm^3). Preliminary ozonation of wastewater increases the efficiency of further biological treatment.

Keywords: oxidative method, catalytic ozonation, heterogeneous nanocatalyst, sewage disposal of enterprises of wood-based industries.

For citation: Mazitova A.K., Sukhareva I.A., Aminova A.F., Yagafarova G.G., Savicheva Y.N. Ozonation of woodworking enterprises by means of a heterogeneous nanocatalyst. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 394–404. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404.

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

`
Ozonation of woodworking enterprises by means of a heterogeneous nanocatalyst by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/">Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 394–404. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404 property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Mazitova A.K., Sukhareva I.A., Aminova A.F., Yagafarova G.G., Savicheva Y.N. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">suxareva-ira@yandex.ru.`

The paper has been received by editors: 28.06.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 19.07.2019.

The paper has been accepted for publication: 29.07.2019.

Озонирование сточных вод предприятий деревообрабатывающей промышленности с применением гетерогенного нанокатализатора

Авторы:

Мазитова Алия Карамовна,

профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия,
Республика Башкортостан, г. Уфа, e-mail: elenaasf@yandex.ru;

Сухарева Ирина Александровна,

доцент кафедры, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия,
Республика Башкортостан, г. Уфа, e-mail: suhareva-ira@yandex.ru;

Аминова Альфия Фатыховна,

аспирант кафедры, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия,
Республика Башкортостан, г. Уфа, e-mail: aminovagk@inbox.ru;

Ягафарова Гузель Габдулловна,

зав. кафедрой, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия,
Республика Башкортостан, г. Уфа, e-mail: kafedra_ecologia@mail.ru;

Савичева Юлия Николаевна,

доцент кафедры, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия,
Республика Башкортостан, г. Уфа, e-mail: ufa.savjulia@gmail.com

Резюме: Несмотря на многообразие существующих способов очистки сточных вод эту проблему нельзя считать решенной для предприятий деревообрабатывающей промышленности. Учитывая, что в состав сточных вод фанерно-плитных комбинатов входят фенолы, формальдегид и многие другие токсичные вещества, разработка способа их очистки является крайне важной и актуальной задачей. В связи с этим нами проведено исследование эффективности очистки сточных вод уфимского фанерно-плитного комбината (УФПК) озонированием в присутствии доступных и наиболее изученных гетерогенных катализаторов: Fe_2O_3 , нанесенного в виде нанопленки на 0,5–1,0 мм частицы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$; Al_2O_3 , нанесенного в виде нанопленки на 2,5–3,0 мм частицы TiO_2 ; MnO_2 , нанесенного в виде нанопленки на 2,5–3,0 мм частицы TiO_2 . Оптимальные условия очистки определяли по кинетическим кривым разложения фенола. Результаты проведенных экспериментов по каталитическому озонированию сточных вод показали высокий эффект очистки. ХПК снизилось в 1,7 (Al_2O_3 , MnO_2) и в 3 раза (Fe_2O_3) по сравнению с озонированием без катализатора. Полученные результаты позволяют уверенно утверждать, что для повышения эффективности очистки сточных вод УФПК необходимо озонирование проводить в присутствии гетерогенного нанокатализатора Fe_2O_3 , который используется в небольшом количестве, поэтому отсутствует необходимость очищения воды от ионов железа (III) в гомогенном катализе. Концентрация иона железа (III) не превышала предельно-допустимую концентрацию в питьевой воде (0,3 мг/дм³). Эффект очистки по ХПК достигает 96%. В работе приведены физико-химические показатели качества исходной сточной воды и после озонирования в присутствии катализатора Fe_2O_3 . Исследованный способ очистки позволяет снизить содержание фенола до нормативного показателя качества (0,01 мг/дм³). Предварительное озонирование сточных вод повышает эффективность дальнейшей биологической очистки.

Ключевые слова: окислительный метод, каталитическое озонирование, гетерогенный нанокатализатор, сточные воды деревообрабатывающей промышленности.

Для цитирования: Мазитова А.К., Сухарева И.А., Аминова А.Ф., Ягафарова Г.Г., Савичева Ю.Н. Озонирование сточных вод предприятий деревообрабатывающей промышленности с применением гетерогенного нанокатализатора // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 394–404. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-394-404.

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

`
Ozonation of woodworking enterprises by means of a heterogeneous nanocatalyst by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/">Mazitova A.K., Sukhareva I.A., Aminova A.F., Yagafarova G.G., Savicheva Y.N. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/" rel="cc:morePermissions">http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</code>`

Статья поступила в редакцию: 28.06.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 19.07.2019.

Статья принята к публикации: 29.07.2019.

INTRODUCTION

The complex physical and chemical composition of wastewater pollution in the production of fibreboard causes significant costs for the operation of treatment facilities that use almost all treatment methods. Despite the variety of existing methods of wastewater treatment, this problem can not be considered solved for plywood-plate plants. One should note that the wastewater of the Ufa plywood-board plant (UPBF) includes phenols, formaldehyde and many other toxic substances, therefore the development of a method for their treatment is an extremely important and urgent task. It is known that the oxidative method of ozone purification is effective for the destruction of such substances [1–8]. Ozone has a high standard redox potential (2.07 V) and therefore practically decomposes many organic compounds. During the chemical transformation of ozone under the action of hydrogen peroxide, catalysts, activated carbon, ultrasound, hydroxyl radicals with stronger oxidizing properties (2.70 V) are formed in the solution [9]. It is known from the literature that the use of catalysts in the ozonation process can improve the efficiency of wastewater treatment [10–22]. In this regard, we conducted a study of the effectiveness of the mentioned above wastewater treatment by ozonation in the presence of available and most studied heterogeneous nanocatalysts (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO_2).

MAIN PART

The procedure of the experiments on ozonation of wastewater in the presence of heterogeneous nanocatalyst

The composition of the initial investigated water is given in table.

For the production of ozone the generator OGVK-02K was used, to provide input of ozone-oxygen mixture in

water and contact with impurities used – a reactor with volume 1 dm³; the control device of ozone concentration in the water – photometer «Expert-003». The catalyst with weight 1 g was loaded into the ozonator tank in the form of spherical particles. As the catalyst Fe_2O_3 applied in the form of nanofilms on 0.5–1.0 mm particles $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$; Al_2O_3 , applied in the form of nanofilms on 2.5–3.0 mm particles of TiO_2 ; MnO_2 , applied in the form of nanofilms on 2.5–3.0 mm particles of TiO_2 were used. Ozone was fed into the treated water with the use of a porous ceramic disperser. Oxidation was carried out in a non-flowing mode with intensive mixing of the catalyst on a magnetic stirrer in the draught cupboard. Ozone concentration in the air of the working area was controlled by indicator tubes TI-[O₃–0.003], it should not exceed 0.0001 mg/dm³. After 5–40 minutes of mixing in the presence of ozone, wastewater was separated from the catalyst and the COD index was determined by titrimetric method (ERD F 14.1:2.3. 100–97). pH was measured at the pH-meter ANION 4100. The concentration of iron (III) ions in wastewater was controlled by the spectrophotometer RV2201.

Results of experiments on the study of wastewater ozonation in the presence of heterogeneous nanocatalyst

Tentatively we have chosen the optimum pH of the wastewater for carrying out catalytic ozonation. The best results were obtained at pH = 9.9–10.4 (Fig. 1). Therefore, before oxidation, wastewater was mechanically purified and alkalized to pH = 9.9–10.4. The influence of wastewater temperature (Fig. 2) and ozone doses (Fig. 3) on the residual concentration of phenol has also been investigated. The lowest residual phenol concentration was achieved at 22–24°C and the optimal ozone dose was 5 g/dm³.

The results of the experiments on catalytic ozonation of wastewater showed high efficiency of this method,

Table

Wastewater description

№	Water quality indicators	Analysis result		Regulatory document on the procedure (method) of measurements
		Initial wastewater	Wastewater after treatment O_3 and Fe_2O_3	
1	Hydrogen index (units pH)	4,4±0,2	10,0±0,2	ERD F 14.1:2:3:4. 121-97
2	COD, mgO_2/dm^3	7600±1140	304±46	ERD F 14.1:2:3. 100-97
3	BOD5, mgO_2/dm^3	3297±396	560±67	ERD F 14.1:2:3:4. 123-97
4	Suspended solids, mg/dm^3	3127±165	45±3	ERD F 14.1:2:4. 254-09
5	Phenols (volatile with steam), mg/dm^3	0,263±0,042	0,008±0,002	ERD F 14.1:2. 105-97
6	Oil products, mg/dm^3	26±2	0,07±0,01	ERD F 14.1:2:4. 5-95
7	Cl^- , mg/dm^3	30±2	25±2	ERD F 14.1:2:4. 111-97
8	SO_4^{3-} , mg/dm^3	136±16	111±12	ERD F 14.1:2:3:4.240-2007
9	NH_4^+ , mg/dm^3	31±7	48±12	ERD F 14.1:2. 1-95
10	NO_2^- , mg/dm^3	<0,02	<0,04	ERD F 14.1:2:4.3-95
11	PO_4^{3-} (P), mg/dm^3	2,5±0,2	0,30±0,02	ERD F 14.1:2:4. 112-97
12	ASSAS*, mg/dm^3	1,10±0,09	0,24±0,03	ERD F 14.1:2:4. 15-95

Note: ASSAS* – anionic synthetic surface-active substances

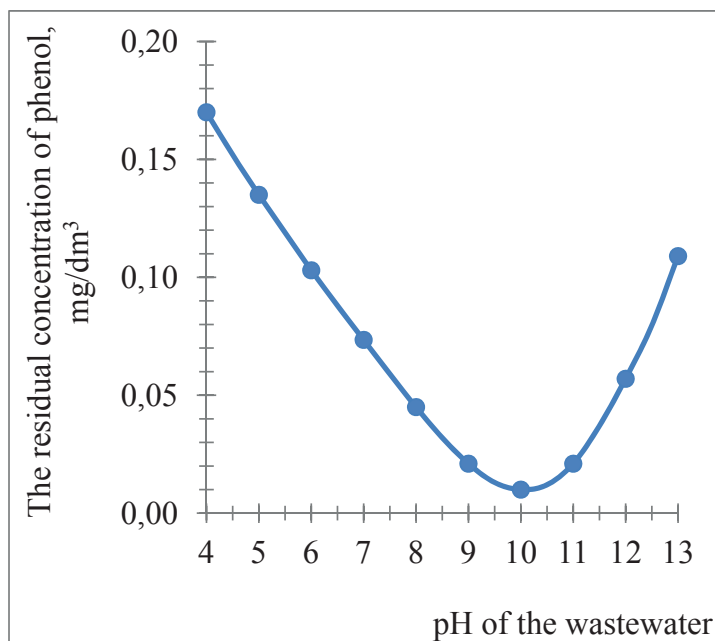


Fig. 1. Effect of pH on the residual concentration of phenol in wastewater during catalytic (Fe_2O_3) ozonation (duration – 35 min, temperature 22–24°C, ozone dose – 5 g/dm^3)

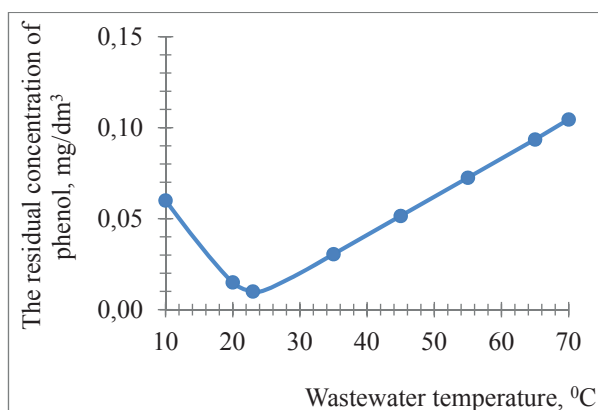


Fig. 2. Effect of wastewater temperature on the residual concentration of phenol in catalytic (Fe_2O_3) ozonation (duration – 35 min, pH = 9.9–10.4, ozone dose – 5 g/dm³)

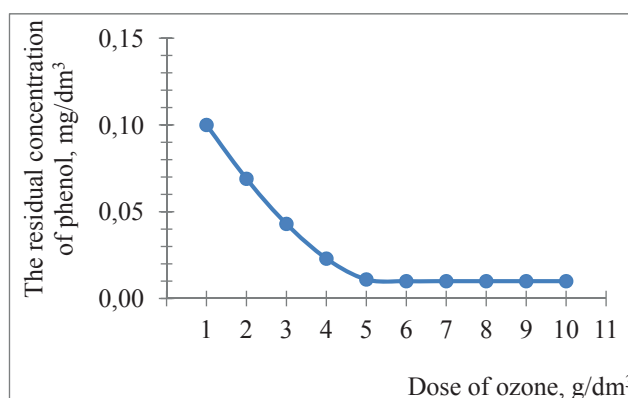


Fig. 3. Effect of ozone dose on the residual concentration of phenol in catalytic (Fe_2O_3) ozonation (duration – 35 min, pH = 9.9–10.4, temperature – 22–24°C)

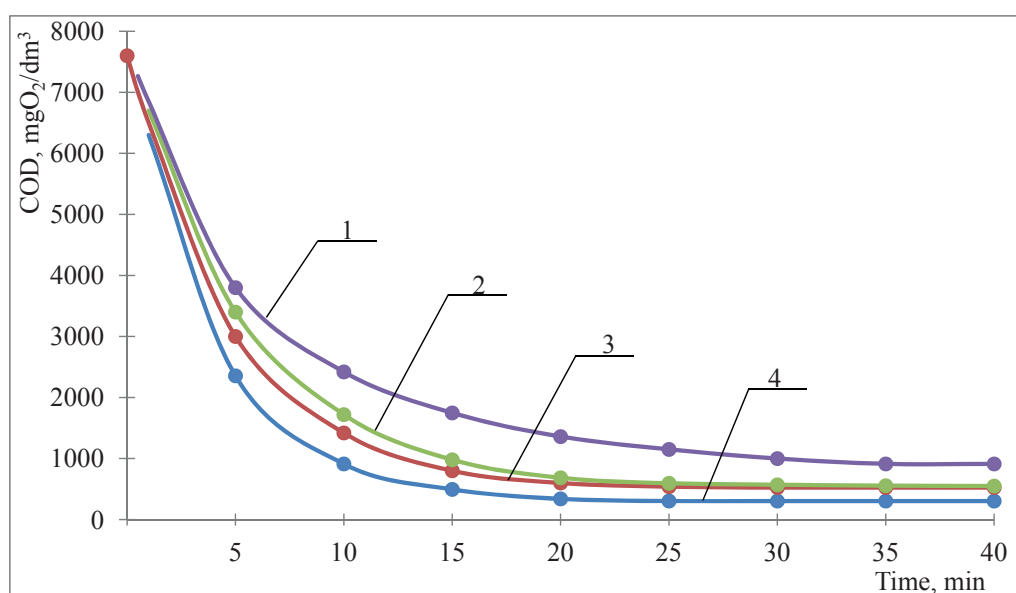


Fig. 4. Curves of COD change in wastewater during ozonation: without catalyst (curve 1), in the presence of Al_2O_3 catalyst (curve 2), in the presence of MnO_2 catalyst (curve 3), in the presence of Fe_2O_3 catalyst (curve 4)

which makes it possible to reduce COD in 1,7 (Al_2O_3 , MnO_2) and 3 times (Fe_2O_3) compared with conventional ozonation (Fig. 4).

After ozonation in the presence of the Fe_2O_3 catalyst, the concentration of iron (III) ions in wastewater was controlled by spectrophotometric method (ERD F 14.1:2:4.50-96). Concentration of ion did not exceed MPC in drinking water (0.3 mg/dm³). The physico-chemical characteristics of the treated wastewater are given in table 1.

SUMMARY

The results obtained allow us to confidently assert that to improve the efficiency of wastewater treatment of UPBF it is necessary to carry out ozonation in the presence of heterogeneous nanocatalyst Fe_2O_3 , which is used in small quantities. The studied method of purification makes it possible to reduce the content of phenol to the standard quality index. The effect of treatment of COD is up to 96%.

ВВЕДЕНИЕ

Сложный физико-химический состав загрязненный сточных вод производства древесноволокнистых плит требует значительных затрат на эксплуатацию очистных сооружений с использованием практически всех методов очистки. Несмотря на многообразие существующих способов очистки сточных вод эту проблему нельзя считать решенной для фанерно-плитных комбинатов. Учитывая, что в состав сточных вод уфимского фанерно-плитного комбината (УФПК) входят фенолы, формальдегид и многие другие токсичные вещества, разработка способа их очистки является крайне важной и актуальной задачей. Известно, что для деструкции таких веществ эффективен окислительный метод очистки с помощью озона [1–8]. Озон обладает высоким стандартным окислительно-восстановительным потенциалом (2,07 в), поэтому практически разлагает многие органические соединения. При химической трансформации озона под действием пероксида водорода, катализаторов, активированного угля, ультразвука в растворе образуются гидроксильные радикалы с более сильными окислительными свойствами (2,70 в) [9]. Из литературных данных известно, что

использование катализаторов в процессе озонирования позволяет повысить эффективность очистки сточных вод [10–22]. В связи с этим нами проведено исследование эффективности очистки вышеуказанных сточных вод озонированием в присутствии доступных и наиболее изученных гетерогенных нанокатализаторов (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO_2).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методика проведения экспериментов по озонированию сточных вод в присутствии гетерогенного нанокатализатора

Состав исходной исследуемой воды приведен в табл.

Для производства озона использовали озоногенератор ОГВК-02К, для обеспечения ввода озонкислородной смеси в воду и контакта с примесями – реактор объемом 1 дм³; прибор контроля концентрации озона в воде – фотометр «Эксперт-003». Катализатор массой 1 г загружали в озонаторную емкость в виде сферических частиц. В качестве катализатора использовали Fe_2O_3 , нанесенный в виде нанопленки на 0,5–1,0 мм частицы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$; Al_2O_3 ,

Таблица

Характеристика сточных вод

№ п/п	Показатели качества воды	Результат анализа		Нормативный документ на методику (метода) измерений
		Исходная сточная вода	Сточная вода после обработки O_3 и Fe_2O_3	
1	Водородный показатель (ед.рН)	4,4±0,2	10,0±0,2	ПНД Ф 14.1:2:3:4. 121-97
2	ХПК, мг O_2 /дм ³	7600±1140	304±46	ПНД Ф 14.1:2:3. 100-97
3	БПК ₅ , мг O_2 /дм ³	3297±396	560±67	ПНД Ф 14.1:2:3:4. 123-97
4	Взвешенные вещества, мг/дм ³	3127±165	45±3	ПНД Ф 14.1:2:4. 254-09
5	Фенолы (летучие с паром), мг/дм ³	0,263±0,042	0,008±0,002	ПНД Ф 14.1:2. 105-97
6	Нефтепродукты, мг/дм ³	26±2	0,07±0,01	ПНД Ф 14.1:2:4. 5-95
7	Cl^- , мг/дм ³	30±2	25±2	ПНД Ф 14.1:2:4. 111-97
8	SO_4^{3-} , мг/дм ³	136±16	111±12	ПНД Ф 14.1:2:3:4.240-2007
9	NH_4^+ , мг/дм ³	31±7	48±12	ПНД Ф 14.1:2. 1-95
10	NO_2^- , мг/дм ³	<0,02	<0,04	ПНД Ф 14.1:2:4.3-95
11	PO_4^{3-} (Р), мг/дм ³	2,5±0,2	0,30±0,02	ПНД Ф 14.1:2:4. 112-97
12	АСПАВ*, мг/дм ³	1,10±0,09	0,24±0,03	ПНД Ф 14.1:2:4. 15-95

Примечание: АСПАВ* – анионные синтетические поверхностно-активные вещества.

нанесенный в виде нанопленки на 2,5–3,0 мм частицы TiO_2 , MnO_2 , нанесенный в виде нанопленки на 2,5–3,0 мм частицы TiO_2 . В обрабатываемую воду озон подавали с помощью пористого керамического диспергатора. Окисление проводили в непроточном режиме при интенсивном перемешивании катализатора на магнитной мешалке в вытяжном шкафу. Концентрацию озона в воздухе рабочей зоны контролировали с помощью индикаторных трубок ТИ-[ОЗ–0,003], она не должна превышать 0,0001 мг/дм³. После 5–40 минут перемешивания в присутствии озона сточную воду отделяли от ка-

тализатора и определяли показатель ХПК титриметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:3. 100-97). рН измеряли на рН-метре АНИОН 4100. Концентрацию ионов железа (III) в сточной воде контролировали на спектрофотометре РВ2201.

Результаты экспериментов по исследованию озонирования сточных вод в присутствии гетерогенного нанокатализатора

Предварительно нами подобрано оптимальное значение рН сточной воды для проведения каталити-

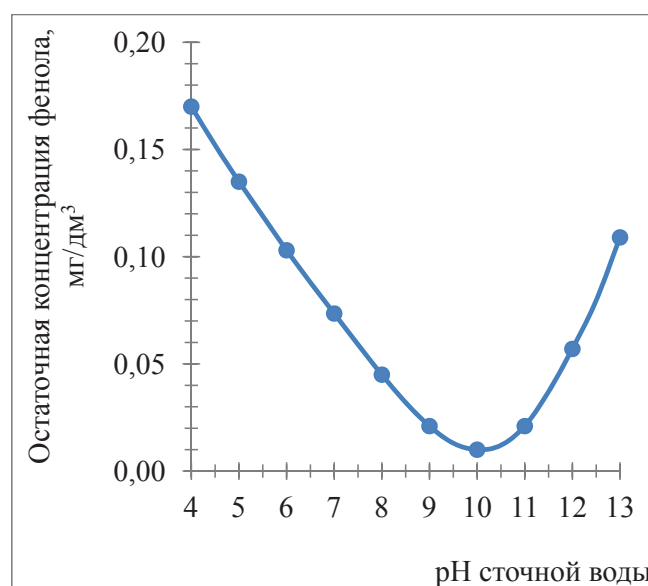


Рис. 1. Влияние рН на остаточную концентрацию фенола в сточной воде при каталитическом (Fe_2O_3) озонировании (продолжительность – 35 мин, температура 22–24°C, доза озона – 5 г/дм³)

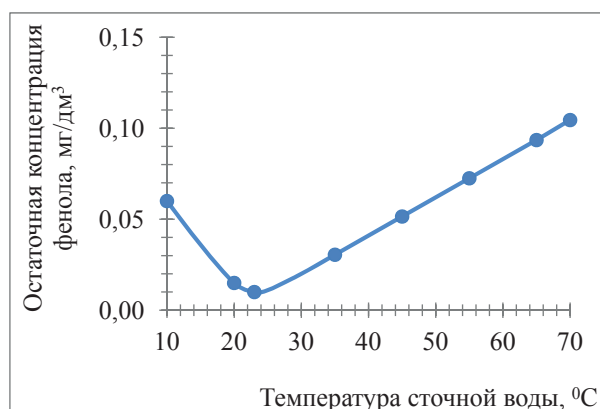


Рис. 2. Влияние температуры сточной воды на остаточную концентрацию фенола при каталитическом (Fe_2O_3) озонировании (продолжительность – 35 мин, рН = 9,9–10,4, доза озона – 5 г/дм³)

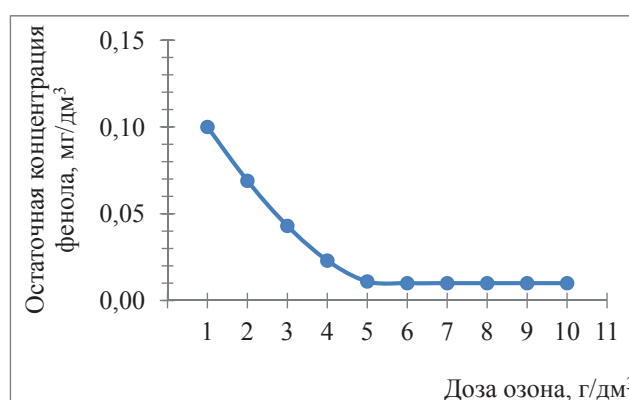


Рис. 3. Влияние дозы озона на остаточную концентрацию фенола при каталитическом (Fe_2O_3) озонировании (продолжительность – 35 мин, рН = 9,9–10,4, температура – 22–24°C)

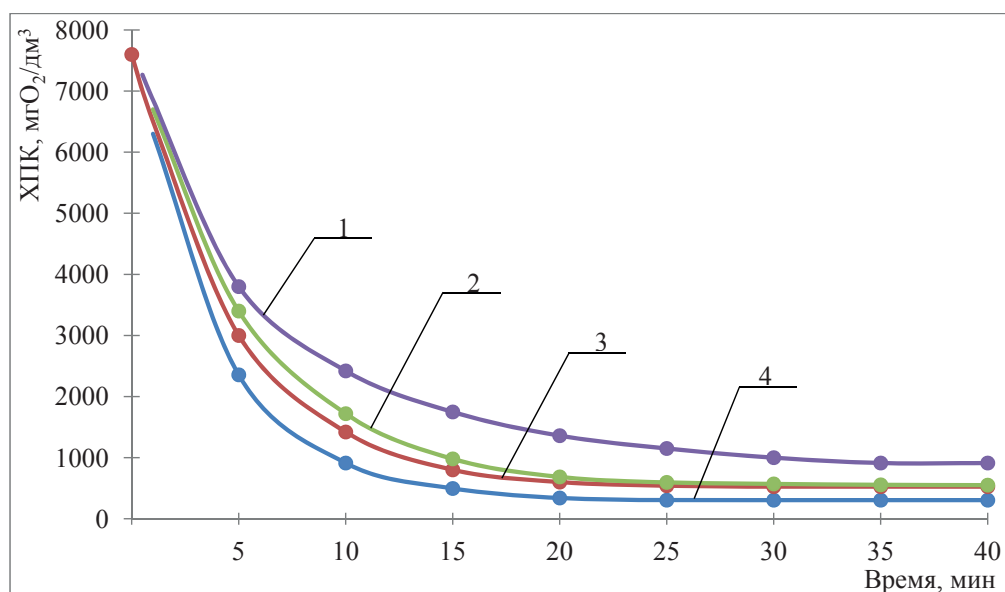


Рис. 4. Кривые изменения показателя ХПК в сточной воде при озонировании: без катализатора (кривая 1), в присутствии катализатора Al_2O_3 (кривая 2), в присутствии катализатора MnO_2 (кривая 3), в присутствии катализатора Fe_2O_3 (кривая 4).

ческого озонирования. Лучшие результаты получены при $\text{pH} = 9,9\text{--}10,4$ (рис. 1). Поэтому перед окислением сточную воду подвергали механической очистке и подщелачивали до $\text{pH} = 9,9\text{--}10,4$. Также исследовано влияние температуры сточной воды (рис. 2) и дозы озона (рис. 3) на остаточную концентрацию фенола. Самая низкая остаточная концентрация фенола была достигнута при $22\text{--}24^\circ\text{C}$, а оптимальная доза озона составила 5 г/дм^3 .

Результаты проведенных экспериментов по каталитическому озонированию сточных вод показали высокую эффективность данного метода, позволяющего снизить ХПК в 1,7 (Al_2O_3 , MnO_2) и в 3 раза (Fe_2O_3) по сравнению с обычным озонированием (рис. 4).

После озонирования в присутствии катализатора Fe_2O_3 контролировали концентрацию ионов же-

леза (III) в сточной воде спектрофотометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2.4.50-96). Концентрация иона не превышала ПДК в питьевой воде ($0,3\text{ мг/дм}^3$). Физико-химические характеристики очищенной сточной воды приведены в табл.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют уверенно утверждать, что для повышения эффективности очистки сточных вод УФПК необходимо озонирование проводить в присутствии гетерогенного нанокатализатора Fe_2O_3 , который используется в небольшом количестве. Исследованный способ очистки позволяет снизить содержание фенола до нормативного показателя качества. Эффект очистки по ХПК достигает 96%.

REFERENCES

1. Pisarenko A.N., Stanford B.D., Yan D., Gerrity D., Snyder S.A. Effects of ozone and ozone/peroxide on trace organic contaminants and NDMA in drinking water and water reuse applications. *Water Research*. 2012. V. 46. P. 316–326. doi: 10.1016/j.watres.2011.10.021.
2. Uschenko V.P., Popov Yu.V., Voronovich N.V., Uzakov E.Yu., Pavlova S.V. Ozonirovanie kak sposob ochistki stochnyh vod ot aromaticeskikh soedinenij [Ozonization as a method of purification of sewage from aromatic compounds]. *IZVESTIYA VolGTU*. 2008. Vol. 5. No. 1 (39). P. 79–81 (in Russian).
3. Katsoyiannis I.A., Canonisa S., von Gunten U. Efficiency and energy requirements for the transformation of organic micropollutants by ozone, O_3/H_2O_2 and UV/H_2O_2 . *Water Research*. 2011. V. 45. P. 3811–3822. DOI: 10.1016/j.watres.2011.04.038.
4. Draginsky V.L., Alekseeva V.A., Usoltsev V.A. Povyshenie jeffektivnosti ochistki vody s ispol'zovaniem tehnologii ozonirovaniya i sorbcii na aktivnyh ugliakh [Increasing of the efficiency of water treatment using the technology of ozonization and sorption on active coals]. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika [Water Supply and Sanitary Technique]*. 1995. Issue 5. P. 8–10 (in Russian).
5. Selyukov A.V., Bursova S.N., Trinko A.I. Primenenie jekologicheskii chistyh okislitelej dlja ochistki stochnyh vod: Obzor [Application of environmentally friendly oxidants for wastewater treatment: Overview]. *Inform. M.: VNIINTPI*, 1990. P. 37–41 (in Russian).
6. Gottschal Ch., Libra J. A., Saupe A. Application of Ozone in Combined Processes. *Ozonation of Water and Waste Water: A Practical Guide to Understanding Ozone and its Applications*. Second Edition. 2010. P. 267–343.
7. Rakovsky S., Anachkov M., Zaikov G. Fields of ozone applications. *Chemistry & Chemical Technology*. 2009. V. 3. No. 2. P. 139–160.
8. Sanchez-Polo M., von Gunten U., Rivera-Utrilla. Efficiency of activated carbon to transform Ozone OH radicals: Influence of operational parameters. *Water Research*. 2005. V. 39. P. 3189–3198. DOI: 10.1016/j.watres.2005.05.026
9. Kofman V.Ya. Novye okislitel'nye tehnologii ochistki vody i stochnyh vod. Chast' 1. [New advanced oxidation technologies of water and wastewater treatment (part 1)]. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika [Water Supply and Sanitary Technique]*. 2013. No. 10. P. 68–78 (in Russian).
10. Belkov V.M., Choi Sang Won. Metody glubokoj ochistki stochnyh vod ot nefteproduktov [Methods of deep purification of sewage from oil products]. *Khimicheskaya promyshlennost [Chemical Industry]*. 1998. No. 5. P. 126–128 (in Russian).
11. Oppenlander T. Photochemical Purification of Water and Air. Weinheim: WILEY VCH Verlag, 2003. 368 p.
12. Yogeswary P., Yusof M., Rashid M., Amin S., Aishah N. J. Degradation of phenol by catalytic ozonation. *Chemical and Natural Resources Engineering*. 2007. V. 2. P.31- 46.
13. Chang C.C., Chiu C.Y., Chang C.Y., Ji D.R. et al. Pt-catalyzed Ozonation of Aqueous Phenol Solution Using Highgravity Rotating Packed Bed. *Hazardous Materials*. 2009. V. 26. № 3. P. 247–255.
14. Liotta L.F., Gruttadauria M., Carloc G.D., Perrini G., Librandod V. J. Heterogeneous catalytic degradation of phenolic substrates: Catalysts activity. *Hazardous Materials*. 2009. V. 26. № 162. P. 588–606.
15. Liou R.M., Chen S.H., Hung M.Y., Hsu C.S., Lai J.Y. Fe (III) supported on resin as effective catalyst for the heterogeneous oxidation of phenol in aqueous solution. *Chemosphere*. 2005. № 59. P. 117–125.
16. Sukmilin A., Boonchom B., Jarusutthirak C. Catalytic Ozonation using Iron-Doped Water Treatment Sludge as a Catalyst for Treatment of Phenol in Synthetic Wastewater. *Environ. Nat. Resour*. 2019. V. 17. № 2. P. 87–95.
17. Farzadkia M., Shahamat Y.D, Nasseri S., Mahvi A.H, Gholami M., Shahryari A. Catalytic ozonation of phenolic wastewater: Identification and toxicity of intermediates. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering*. 2014. P. 1–10. DOI: 10.1155/2014/520929.
18. Shahamat Y.D, Farzadkia M., Nasseri S, Mahvi A.H, Gholami M., Shahryari A. Magnetic heterogeneous catalytic ozonation: a new removal method for phenol in industrial wastewater. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014. V. 12(50). P. 1–12.
19. Kasprzyk-Hordern B, Ziółek M, Nawrocki J. Environmental Catalytic ozonation and methods of enhancing molecular ozone reactions in water treatment. *Appl Catal Environ*. 2003. V. 46. P. 639–669. DOI: 10.1016/S0926-3373(03)00326-6.
20. Tizaoui Ch., Mohammad-Salim H., Suhartono J. Multiwalled Carbon Nanotubes for Heterogeneous Nanocatalytic Ozonation. *Ozone: Science & Engineering*. May–June 2015. № 37. P. 269–278. DOI: 10.1080/01919512.2014.983455.
21. Centurião A. P. S. L., Baldissarelli V. Z., Scaratti G., de Amorim S. M. Enhanced ozonation degradation of petroleum refinery wastewater in the presence of oxide nanocatalysts. *Environmental Technology*. 2019. V. 40. P. 1239–1249. DOI: 10.1080/09593330.2017.1420103.
22. Khataee A.R., Kasiri M.B. Artificial neural networks modeling of contaminated water treatment processes by homogeneous and heterogeneous nanocatalysis. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 2010. V. 331. P. 86–100. DOI: 10.1016/j.molcata.2010.07.016.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pisarenko A.N., Stanford B.D., Yan D., Gerrity D., Snyder S.A. Effects of ozone and ozone/peroxide on trace organic contaminants and NDMA in drinking water and water reuse applications // *Water Research*. – 2012. – V. 46. – P. 316–326.
2. Ущенко В.П., Попов Ю.В., Воронович Н.В., Узаков Э.Ю., Павлова С.В. Озонирование как способ очистки сточных вод от ароматических соединений // *Известия ВолгГТУ*. – 2008. – Т. 5, № 1 (39). – С. 79–81.
3. Katsoyiannis I.A., Canonisa S., von Gunten U. Efficiency and energy requirements for the transformation of organic micropollutants by ozone, O_3/H_2O_2 and UV/H_2O_2 // *Water Research*. – 2011. – V. 45. – P. 3811–3822.
4. Драгинский В.Л., Алексеева В.А., Усольцев В.А. Повышение эффективности очистки воды с использованием технологий озонирования и сорбции на активных углях // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 1995. – Вып. 5. – С. 8–10.
5. Селюков А.В., Бурсова С.Н., Тринко А.И. Применение экологически чистых окислителей для очистки сточных вод: Обзор // *Информ. М.: ВНИИТПИ*, 1990. – С. 37–41.
6. Gottschal Ch., Libra J. A., Saupe A. Application of Ozone in Combined Processes. Ozonation of Water and Waste Water: A Practical Guide to Understanding Ozone and its Applications // *Second Edition*. – 2010. – P. 267–343.
7. Rakovsky S., Anachkov M., Zaikov G. Fields of ozone applications // *Chemistry & Chemical Technology*. – 2009. – V. 3. – No. 2. – P. 139–160.
8. Sanchez-Polo M., von Gunten U., Rivera-Utrilla. Efficiency of activated carbon to transform Ozone OH radicals: Influence of operational parameters // *Water Research*. – 2005. – V. 39. – P. 3189–3198.
9. Кофман В.Я. Новые окислительные технологии очистки воды и сточных вод. Часть 1 // *Водоснабжение и санитарная техника*. – 2013. – № 10. – С. 68–78.
10. Бельков В.М., Чой Санг Уон. Методы глубокой очистки сточных вод от нефтепродуктов // *Химическая промышленность*. – 1998. – № 5. – С. 126–128.
11. Oppenlander T. Photochemical Purification of Water and Air. – Weinheim: WILEY VCH Verlag, 2003. – 368 p.
12. Yogeswary P., Yusof M., Rashid M., Amin S., Aishah N. J. Degradation of phenol by catalytic ozonation. // *Chemical and Natural Resources Engineering*. – 2007. – V. 2. – P. 31–46.
13. Chang C.C., Chiu C.Y., Chang C.Y., Ji D.R. et al. Pt-catalyzed Ozonation of Aqueous Phenol Solution Using Highgravity Rotating Packed Bed. // *Hazardous Materials*. – 2009. – V. 26. – № 3. – P. 247–255.
14. Liotta L.F., Gruttadauria M., Carloc G.D., Perrini G., Librandod V. J. Heterogeneous catalytic degradation of phenolic substrates: Catalysts activity. // *Hazardous Materials*. – 2009. – V. 26. – № 162. – P. 588–606.
15. Liou R.M., Chen S.H., Hung M.Y., Hsu C.S., Lai J.Y. Fe (III) supported on resin as effective catalyst for the heterogeneous oxidation of phenol in aqueous solution // *Chemosphere*. – 2005. – № 59. – P. 117–125.
16. Sukmilin A., Boonchom B., Jarusutthirak C. Catalytic Ozonation using Iron-Doped Water Treatment Sludge as a Catalyst for Treatment of Phenol in Synthetic Wastewater // *Environ. Nat. Resour.* – 2019. – V. 17. – № 2. – P. 87–95.
17. Farzadkia M., Shahamat Y.D, Nasser S., Mahvi A.H, Gholami M., Shahryari A. Catalytic ozonation of phenolic wastewater: Identification and toxicity of intermediates. // *Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering*. – 2014. – P. 1–10. DOI: 10.1155/2014/520929.
18. Shahamat Y.D, Farzadkia M., Nasser S, Mahvi A.H, Gholami M., Shahryari A. Magnetic heterogeneous catalytic ozonation: a new removal method for phenol in industrial wastewater. // *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. – 2014. – V. 12(50). – P. 1–12.
19. Kasprzyk-Hordern B, Ziółek M, Nawrocki J. Environmental Catalytic ozonation and methods of enhancing molecular ozone reactions in water treatment. – *Appl Catal Environ.* – 2003. – V. 46. – P. 639–669. DOI: 10.1016/S0926-3373(03)00326-6.
20. Tizaoui Ch., Mohammad-Salim H., Suhartono J. Multiwalled Carbon Nanotubes for Heterogeneous Nanocatalytic Ozonation // *Ozone: Science & Engineering*. May–June – 2015. – № 37. – P. 269–278.
21. Centurião A. P. S. L., Baldissarelli V. Z., Scaratti G., de Amorim S. M. Enhanced ozonation degradation of petroleum refinery wastewater in the presence of oxide nanocatalysts // *Environmental Technology*. – 2019. – V. 40. – P. 1239–1249.
22. Khataee A.R., Kasiri M.B. Artificialneural networks modeling of contaminated water treatment processes by homogeneous and heterogeneous nanocatalysis // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. – 2010. – V. 331. P. 86–100.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aliya K. Mazitova, Doctor of Chemistry, Professor, Head of Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062; elenaasf@yandex.ru;

Irina A. Sukhareva, PhD in Engineering, Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University, 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, e-mail: suhareva-ira@yandex.ru;

Alfia F. Aminova, Postgraduate student, Applied ecology Department, Ufa State Petroleum Technological University, 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, e-mail: aminovagk@inbox.ru;

Guzel G. Yagafarova, Doctor of Engineering, Professor, Head of Applied ecology Department, Ufa State Petroleum Technological University, 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, e-mail: kafedra_ecologia@mail.ru;

Yuliya N. Savicheva, PhD in Engineering, Associate Professor, Industrial Safety and Labor Protection Department, Ufa State Petroleum Technological University, 1, Kosmonavtov St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450062, e-mail: ufa.savjulia@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мазитова Алия Карамовна, профессор, зав. кафедрой «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: elenaasf@yandex.ru;

Сухарева Ирина Александровна, доцент кафедры «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», кандидат техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: suhareva-ira@yandex.ru;

Аминова Альфия Фатыховна, аспирант кафедры «Прикладная экология», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: aminovagk@inbox.ru;

Ягафарова Гузель Габдулловна, профессор, зав. кафедрой «Прикладная экология», доктор техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: kafedra_ecologia@mail.ru;

Савичева Юлия Николаевна, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», кандидат техн. наук, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: ufa.savjulia@gmail.com

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: suhareva-ira@yandex.ru



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 *Shanghai Ranking'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



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, взращивания высококвалифицированных специалистов и создания прекрасной жизни». УУТ несет ответственность за создание учреждения, который обеспечит качественное образование с целью подготовки студентов к жизни с востребованной профессией и отличными навыками.

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

академии керамики. Кроме того, Университет 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 инжиниринговый исследовательский центр, а также лаборатории ведомственного или областного подчинения в сфере новых материалов и строительных материалов, транспорта и логистики, мехатроники и автомобилестроения, информационных технологий, новых видов энергии, ресурсов и технологий защиты окружающей среды, а также управления общественной безопасностью и чрезвычайными ситуациями. Вместе с тем, университет основал около 230 исследовательских центров совместно с муниципальными властями и местными предприятиями. Начиная с 2010 года, УУТ получил 14 государственных премий по науке и технологиям, заняв топовые позиции в рейтинге китайских высших учебных заведений.

УУТ установил связи для студенческого обмена и научных исследований с более, чем 190 иностранными университетами и научными институтами из США, Великобритании, Японии, Франции,

Австралии, России, Нидерландов и др., а также пригласил более 300 всемирно известных исследователей в качестве стратегических ученых, приглашенных и почетных профессоров. С 2007 года УУТ получил право основать в ведущих китайских университетах 5 базовых центров внедрения иностранных профессиональных направлений в следующих областях: перспективные технологии для синтеза и обработки материалов, перспективные технологии для высокопроизводительных кораблей, перспективные технологии для производства функциональных пленочных материалов и его использование в инженерии, ключевые технологии для транспортных средств с использованием альтернативных видов энергии и 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

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432

UDC 544.23:691.26-022.532

Determination of the amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bound by additive nano- SiO_2 in cement matrices

Authors:

Potapov Vadim Vladimirovich,

Doctor of Engineering, Professor, Chief Researcher, Research Geotechnological Center of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, vadim_p@inbox.ru;

Efimenko Yuriy Vasilyevich,

PhD in Engineering, Head of the Center «Building Materials and Technologies», Far Eastern Research Institute of Construction, efimenko_yu_v@mail.ru;

Gorev Denis Sergeevich,

PhD in Engineering, Senior Researcher, Research Geotechnological Center of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, denis.goreff2015@yandex.ru

Abstract: Comparison of the content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in hardened cement matrices, which contains the additive SiO_2 nanoparticles and in matrix without additives was performed by the method of thermogravimetric analysis. Alite portland cement «SsangYong» and «Denki» were used. Hydrothermal sol of «Geosil» was introduced as an additive of nanoparticles of SiO_2 . The amount of introduced nano- SiO_2 was from 1.15 to 1.74 wt.% in respect to cement consumption. Water-cement ratio was provided at the level of $W/C = 0.39-0.26$. The compensating amount of polycarboxylate SVC-5Neu was 0.2–0.77 wt. %. The $\text{Ca}(\text{OH})_2$ content was calculated from the mass loss of the cement matrix sample in the temperature range 460–510°C. It was determined that the sol «Geosil» additive reacts quickly with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (CH) in cement matrix, significantly (up to 40%) reducing its content. By the period of 24 h sol «Geosil» binds 750 [mg CaO /g SiO_2] and continues to bind CH up to 100–700 days, to the value $\delta\text{CaO} = 1300$ [mg CaO /g SiO_2]. The pozzolan binding reaction $\text{Ca}(\text{OH})_2$ with the formation of calcium hydrosilicates may be one of the mechanisms for increasing the strength of concrete when introducing SiO_2 nanoparticles.

Keywords: thermogravimetry, amorphous nanosilica, portlandite, calcium silicate hydrate, strength of concrete.

For citation: Potapov V.V., Efimenko Y.V., Gorev D.S. Determination of the amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bound by additive nano- SiO_2 in cement matrices. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 415–432. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432.

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

`
Determination of the amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bound by additive nano- SiO_2 in cement matrices by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 415–432. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Potapov V.V., Efimenko Y.V., Gorev D.S. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="denis.goreff2015@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">denis.goreff2015@yandex.ru.`

The paper has been received by editors: 20.06.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 09.07.2019.

The paper has been accepted for publication: 24.07.2019.

Определение количества Ca(OH)_2 связанного добавкой нано- SiO_2 в цементном камне

Авторы:

Потапов Вадим Владимирович,

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,
Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, vadim_p@inbox.ru;

Ефименко Юрий Васильевич,

к.т.н., зам. руководителя Центра «Строительные материалы и технологии» ДальНИИС,
филиал «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский,
проектно-конструкторский и технологический институт по строительству, efimenko_yu_v@mail.ru;

Горев Денис Сергеевич,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, goreff2015@yandex.ru

Резюме: Методом термогравиметрического анализа выполнено сравнение содержания Ca(OH)_2 в твердеющем цементном камне, который содержит добавку наночастиц SiO_2 и в бездобавочном камне. Использовали алитовые портланд-цементы «SsangYong» и «Denki». В качестве добавки наночастиц SiO_2 вводили гидротермальный золь «Геосил». Количество введенного нано- SiO_2 составляло от 1,15 до 1,74 мас.% относительно расхода цемента. Водоцементное отношение обеспечивали на уровне $B/C = 0,39-0,26$. Компенсирующее количество поликарбоксилата SVC-5Neu составляло 0,2–0,77 мас. %. Содержание Ca(OH)_2 рассчитывали по потерям массы образца цементного камня в интервале температур 460–510°C. Определено, что добавка золя «Геосил» быстро реагирует с Ca(OH)_2 в цементном камне, значительно (до 40%) снижая его содержание. К периоду 24 ч золь «Геосил» связывает до 750 [мг CaO / г SiO_2] и продолжает связывать СН вплоть до 100–700 сут, до значения $\delta\text{CaO} = 1300$ [мг CaO / г SiO_2]. Пуццолановая реакция связывания Ca(OH)_2 с образованием гидросиликатов кальция может быть одним из механизмов повышения прочности бетона при вводе наночастиц SiO_2 .

Ключевые слова: термогравиметрия, аморфный нанокремнезем, портландит, гидросиликат кальция, прочность бетона.

Для цитирования: Потапов В.В., Ефименко Ю.В., Горев Д.С. Определение количества Ca(OH)_2 связанного добавкой нано- SiO_2 в цементном камне // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 415–432. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-415-432.

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

`
Determination of the amount of Ca(OH)_2 bound by additive nano- SiO_2 in cement matrices by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/">Potapov V.V., Efimenko Y.V., Gorev D.S. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/ns#" rel="cc:morePermissions">denis.goreff2015@yandex.ru.`

Статья поступила в редакцию: 20.06.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 09.07.2019.

Статья принята к публикации: 24.07.2019.

INTRODUCTION

Ultradispersed materials based on SiO_2^{am} amorphous type of silica fume (CSF) [1–7] usually in the presence of superplasticizers with VRS more than 20–30% significantly change the morphology and structure of cement compositions, providing increased density, compressive strength and corrosion resistance.

The main structure-forming characteristics of such materials are, in our opinion, the particle size and their chemical affinity (ability to bind CaO) to the alkaline (CaO , R_2O) liquid phase of cement (C). Finely dispersed particles CSF ($d = 0,15\text{--}0,3\ \mu\text{m}$) fills intergranular space between «rough» cement particles ($d = 30\text{--}100\ \mu\text{m}$), reducing the size of the structure and providing a constrained the conditions of interaction of CSF with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ liquid phase C. The amorphous structure of CSF predetermines its fast interaction with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ with the formation of calcium hydrosilicates (CSH) of colloidal gel dispersion. As a result of these processes, a submicrogel hydrosilicate suspension is formed, the viscosity of which provides non-sedimentary placement of reacting CSF and cement particles in the pores of the C and at the border with the filler. CSF particles have a chemical affinity with the pore fluid C ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH, NaOH), have a high ability of chemisorption to the CaO and perform the role of a silicate of centers of nucleation occurs on the surface of hydrosilicates. For CSF in cement materials, the most cited reaction is $\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ without specifying the role of R_2O . There is evidence that in the presence of CSF large crystals of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ do not occur, which contributes to the formation of a more solid fine-grained structure. The constructive role of CSF in concrete strength for CSF dosage of 10–20% is confirmed in many works [1–7], but its manifestation ($R_{\text{si}} > R_0$) begins not earlier than 7–30 days. According to the literature data, the strength of the resulting hydrosilicates significantly exceeds the strength of Cm and reaches according to [8] 700–800 MPa for CSH (I) and 1000–1300 MPa for CSH (II) [23, 24].

At the same time, a number of works are known showing the possibility of increasing the strength of concrete by introducing SiO_2 nanoparticles [9, 10, 11, 12]. The aim of our work was to determine the number of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bound by SiO_2 nanoparticles as a result of pozzolan reaction in cement matrix, which may explain the mechanism of increasing the strength of concrete. The influence of the pozzolan reaction on the strength of cement matrix during the introduction of microsilica was discussed in [13–22].

MAIN PART

Obtaining a sol of nanoparticles SiO_2 on the basis of the hydrothermal solution

From the separators of geothermal power plants (GeoPP), an aqueous medium containing dissolved orthosilicic acid (H_4SiO_4) was sent to the cooler, after which a polycondensation of silicic acid was carried out at a temperature of 70°C to form SiO_2 nanoparticles with diameters in the range of 5–100 nm. The separate with formed SiO_2 particles was fed to ultrafiltration baromembrane installation for concentrating and obtaining a stable aqueous sol of SiO_2 of «Geosil». Characteristics of the initial separate: salt content – 702 mg/l, pH = 9.2, SiO_2 content – 716 mg/l, concentration of dissolved silica – 160 mg/l. As a result of membrane concentration, concentrated aqueous silica sol with a density of 1075 g/l, SiO_2 content – 125 g/l was obtained.

Production of cement-sol pastes for physical and chemical research (carried out manually in a porcelain round-bottom cup)

Polycarboxylate SVC-5 Neu (PCX) was adopted as a superplasticizer. Hitches for kneading were: cement – 100 g (sol + water + PCX) – 26–29 g. Dosages of sol by SiO_2 were 1.15% to 1.74% by weight of cement. Used alite portland cement «SsangYong» and «Denki». The initial temperature of cement, water, sol and PCX was provided at the level of $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Water-cement ratio was provided at the level of $W/C = 0.39$ and 0.26 . The temporary thickening of cement pastes, eliminated by intensive grinding, is determined: this phenomenon is related to the high sorption activity of SiO_2 sol. Physical and chemical study was carried out on powders, crushed from chipped fragments of cement matrices Cm weighing 3–5 g, and dried at 50°C in acetone.

Instrument and adopted by the diagnostic indices of the phase composition

Measurment was carried out on derivatograph OD102 in small platinum crucibles with lid (i.e., with limited access to atmospheric air) achieved when the rate of heating of about 9 deg/hour and the sensitivity for TG = 100 mg (sometimes 50 mg), on DTGA – 1/5 of the average mass of the drug in a Pt-crucible to about 250 mg, and for drugs ($\text{SiO}_2^{\text{am}} + (\text{Ca}(\text{OH})_2)$ – 50...100 mg. Normal operation of derivatograph by DTA, DTG and TG was tested on reference values for beta quartz and monohydrate calcium oxalate (catalog Liptay). Expected diagnostic DTGA – effects and their potential diagnostic significance and credibility (catalogues Gorshkov V.S., Larionova, Z.M., database DalNIIS):

In our case, according to the DTGA catalogues and database DalNIIS main thermoanalytical characteristics are presented:

- cement matrices has 2–4 DTH and DTA effects in the range of 20–300°C (usually hydrosilicates, aluminosulferites, hydroaluminates), one effect at 350–380°C (CSH), 480–500°C ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 750°C (CaCO_3) and 850–890°C (CSH). We register the effects of 650–700°C in samples of air storage referred by us (for Besie and Babushkin) to the products of carbonatization CSH, $\text{AF}_{t,m}$, and $\text{C}_4\text{AFH}_{19}$.
- amorphous silica SiO_2 according to DalNIIS data, endoexoeffects are not recorded on DTGA, in addition to a small diffuse and ineffective of DTG and DTA at $\approx 100^\circ\text{C}$, due to the presence of free water. Weight loss continues up to 900°C. And effect beta-quartz (DTA – 570°C) is missing.

Calculation method of binding of CaO with amorphous nanosilica sol «Geosil» in cement materials

Accounting for the components of the studied cements.

The analyzed sample of cement material is a mixture of cement itself, introduced inorganic amorphous silica (sol «Geosil») and organic plasticizer SVS-5 Neu (PCX), introduced into the cement material to ensure equal mobility.

In the calculations of the content of portlandite are carried out:

1) accounting for dilution of cement with amorphous silica according to the formula $\text{CH}'_{\text{si}} = \text{CH}_{\text{si}}/\text{fraction of cement}$.

2) accounting for pyrolytic binding of a part of portlandite by carbon additive during firing in a derivatograph: $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}) + \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ (500°C),

$$\Delta\text{CH}^{\text{fire}} = D_{\text{PCX}} \times 1.5, \%$$

Determination of the amount of CaO bound by amorphous silica is carried out according to the results of DTA analysis of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ content in the cement component of cement matrices – non-additive and containing SiO_2 sol. The content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is determined by the value of the interval mass loss in the temperature range 460–510°C by multiplying its value by a factor of 4.11. The calculations take into account the dilution rules (A) and the ratio of W/C (B) in the analyzed samples.

A) Dilution rules: Accounting for $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the initial cement and the amount of SiO_2 introduced. In accordance with the dilution rules, the calculation of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ for the compared cement matrices is carried out taking into account the content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the initial (non-hydrated) cement, and for sol-containing materials, the amount of SiO_2 introduced is taken into account.

For cement materials with polycarboxylate, it is necessary to take into account the pyrolytic reaction of the

carbon additive with the released CaO at the time of firing in the derivatograph.

Designations and calculation formulas:

Denote ($\text{CH} = \text{Ca}(\text{OH})_2$),

$\text{CH}_{\text{cem}}, \%$ – content of portlandite (CH) in the source of not hydrated cement, %;

$\text{CH}_0, \%$, the content of CH in the C_m without the addition of SiO_2 ;

$\text{CH}_{\text{or}} = \text{CH}_0 - \text{CH}_{\text{cem}}, \%$ – actual content of the hydrolysis the CH to the C_m without additives;

$\text{CH}_{\text{si}}, \%$ – CH content in cement-sol matrix;

$\text{CH}_{\text{sic}} = \text{CH}/(1 - \text{proportion of } \text{SiO}_2), \%$ – the content of CH in the cement component of the cement-sol matrices.

$\text{CH}_{\text{sicr}} = \text{CH}_{\text{sic}} - \text{CH}_0 \cdot (1 - \text{proportion of } \text{SiO}_2)$ – the actual content of the hydrolysed CH in the cement component of the cement-sol matrices.

The calculation of the amount of CaO bound by amorphous silica is carried out according to the formula:

$$\delta \text{CaO} = 0.757 \cdot (\text{CH}_{\text{or}} - \text{CH}_{\text{sic}}) / \text{SiO}_2, \text{ g/g},$$

where CH_{or} and CH_{sic} – the actual content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the cement component of the cement matrix with no sole and matrix with sol additive, %; 0.757 – the proportion of CaO in $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

B) A given water-cement ratio W/C.

As our studies have shown, the more W/C, the higher the content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and the stronger the false estimate of pozzolanic activity of SiO_2 . The content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is proportional to W/C and is increased by 0.4–1.4% with an increase in W/C by 1 %. This should be taken into account when determining the «cementing» efficiency of mineral dispersion in cement materials.

Taking into account the law of mixtures for cement-sol compositions.

In the studied materials $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is contained only in cement and is absent in SiO_2 . Therefore, the content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ measured in cement samples should be attributed to the proportion of cement (in our case, 0.988 and 0.983). We obtain the true value of CH in the cement component of the cement-based material, which is then compared with the value of the bound amorphous silica CaO for the control (non-additive) cement.

Carbonation. In real conditions, the content of CH can also be reduced as a result of carbonation from atmospheric air during hardening and preparation of cement matrices $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3$ i.e. also $\text{CH} \downarrow$.

As a result, the decline in CH can be misinterpreted as a pozzolanic reaction. The presence of carbon dioxide in the air can also lead to a decrease in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and an increase in CaCO_3 , that is, to a false assessment of the cause of the decrease in $\text{Ca}(\text{OH})_2$: either PR, or CO_2 . For this reason, we provide for the implementation of the DTGA

analysis to 900–950°C in order to determine the actual content of CaCO_3 .

The influence of additives sol of «Geosil» on the phase composition of hardened cement matrice

Research carried out for the cement-sol samples on the basis of portland ce-ment alite «SsangYong» and «Denki» with different content SiO_2 and offsetting number of polycarboxylate SVC-5 Neu. The mineralogical composition of PC and dosage of components are given in table 1a,b. The analysis of the features of the form of DTGA spectra for the C_{m0} , C_{mSi} and calculations of the quantitative parameters of the interval mass loss. As a result of qualitative assessment of the shape of the DTGA spectra and quantitative analysis of interval mass losses for hydrates, the following is obtained:

General appearance and form (habitus) of DTGA spectra of the C_m of the traditional conventional cement matrices with the content C_3A about 9% and is represented by endometrectomy 140°C (CSH, $\text{AF}_{t,m}$), 180°C ($C_4\text{AFH}_{19}$), 500°C ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 750 and 780°C (CaCO_3) and 840°C (CH).

It should be noted that, as we previously predicted, the silicate hydrate pozzolan origin (GSK (PR)) has a composition and DTGA characteristics similar to the silicate hydrate of hydration origin (CSH H_2O). In thermal spectra of DTA not found exoeffect 880–900°C, characteristic of some of hydrosilicates. The DTGA spectra of C_{mSi} samples do not differ from the C_{m0} samples in all periods of hardening (from 1 to 700 days) and mainly characterize the predominant presence of hydrate tumors of cement origin.

The presence of SiO_2 does not cause changes in the form of low-temperature doublet 140°C (CSH, $\text{AF}_{t,m}$), 180°C ($C_4\text{AFH}_{19}$).

It was also noted that the high-temperature hydrosilicate andoeffect DTG (–840°C) in a sample of C_{m0} is stronger in comparison with C_{mSi} , which may indicate a possible substitution of HSC (–840°C) to another HSC without such thermoanalytical marker. Probably, this compound has a composition of CSH ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 2$) and a reduced content of bound water. In C_{mSi} low-temperature spectra (from 100 to 140°C) characterizing the presence of the expected CSH of the puzolanic genesis are almost identical to the samples of C_{m0} , but probably the corresponding «narrow» interval losses (20–160, 20–300°C) can indicate their occurrence.

Thus, the expected pozzolanic reaction of SiO_2 with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the composition of C_{mSi} caused a significant decrease in $\text{Ca}(\text{OH})_2$, but practically did not change the shape of the DTGA spectra of other compounds.

Abbreviations adopted:

CH – portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

PR – pozzolanic reaction ($\text{CH} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$);

CSH (H_2O) – parent (cement) hydrate hydrosilicate ($C_3S + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$);

CSH (PR) – a silicate hydrate pozzolanic origin (see a position PR).

From the data of tables 1a, b and 2 it can be seen that the content of CH in the C_{m0} increases over time, and for the C_{m0} Denki ($W/C = 0.26$) from the period of 30 days there was a slowdown in the increase of CH with a tendency of subsequent weak decrease. This is probably due

Table 1a

The results of thermogravimetric determination of the content of portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in cement matrices without additives and with the addition of sol «Geosil» for a period from 1 to 720 days, (hardening over water (24 hours), then in water (28 days) and over water in a darkened desiccator. Portland cement S. Korea (Ssangyong) $C_3S = 58\%$; $C_2S = 15.5\%$; $C_3A = 8.6\%$; $C_4AF = 9.5\%$; $W/C = 0.39$; $\text{SiO}_2 = 1.15\%$; $D_{PCX} = 0.55\%$

Days	Content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the sample, measured, %		Conversion to cement ② $\text{CH}_{Si}/0.988$, %	Direct difference ④, %	Binding of δCaO with silica ⑤ CaO/SiO_2 mg/g
	without additives $D_{PCX} = 0$ ①	with addition sol $\text{SiO}_2 = 1.15$, $D_{PCX} = 0.22$ ① $\Delta\text{CH}_{\text{fire}} = 0.33$ ③			
	CH_0	CH_{Si}	CH'_{Si}	ΔCH	δCaO
1	5.73	4.17	4.22	22.9	777
3	7.5	5.89	5.96	17.8	796
12	9.0	7.47	7.56	13.9	731
28	–	9.0	–	–	–
720	12.0	9.5	9.61	17.4	1360

Table 1b

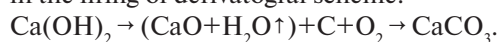
The results of thermogravimetric determination of the content of portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in cement matrices without additives and with the addition of sol «Geosil» for a period from 1 to 570 days, (hardening over water (24 hours), then in water (28 days) and over water in a darkened desiccator. Portland cement Japan (Denki) $\text{C}_3\text{S} = 66\%$; $\text{C}_2\text{S} = 10\%$; $\text{C}_3\text{A} = 9.0\%$; $\text{C}_4\text{AF} = 10.0\%$; $\text{W/C} = 0.26$; $\text{SiO}_2 = 1.74\%$; $\text{D}_{\text{PCX}} = 1.88\%$

Days	Content of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in the sample, measured, %		Conversion to cement ② $\text{CH}_{\text{Si}}/0.983, \%$	Direct difference ④, %	Binding of δCaO with silica ⑤ $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \text{ mg/g}$
	without additives sol $\text{D}_{\text{PCX}} = 0.156$ ① $\Delta\text{CH}^{\text{fire}} = 0.23$ ③	with addition sol $\text{SiO}_2 = 1.74$, $\text{D}_{\text{PCX}} = 0.77$ ① $\Delta\text{CH}^{\text{fire}} = 1.16$ ③			
	CH_0	CH_{Si}	CH'_{Si}	ΔCH	δCaO
1	4.53	3.03	3.08	19	226
3	6.76	4.67	4.75	18	470
7	7.85	5.41	5.50	18	618
11	7.95	5.73	5.82	16	617
15	8.31	5.87	5.97	17	613
28	8.65	6.06	6.16	17	680
70	8.68	5.52	5.61	21	933
150	8.52	5.44	5.52	21	900
570	9.72	6.63	6.74	18	890

① D_{PCX} – dose SVC 5 Neu in dry form relative to cement.

② Accounting for the dilution of $\text{CH}'_{\text{Si}} = \text{CH}_{\text{Si}}/\text{proportion of cement}$.

③ Accounting pyrolytic binding part of the portlandite by carbon additives of PCC in the firing of derivatograf scheme:



$$\Delta\text{CH}^{\text{fire}} = \text{D}_{\text{PCX}} \times 1.5, \%$$

$$\text{④ Direct difference } \Delta\text{CH} = \frac{(\text{CH}'_{\text{Si}} / \text{CH}_0 - 1) \cdot 100}{\text{SiO}_2}, \%$$

⑤ Binding of $\delta\text{CaO} = \Delta\text{CH} \times 0.757, \text{ mg/l}$.

$$\delta\text{CaO} = \frac{(\text{CH}_0 + \Delta\text{CH}^{\text{fire}}) - (\text{CH}_{\text{Si}} + \Delta\text{CH}^{\text{fire}})}{\text{SiO}_2} \times 0.757, \text{ mg/g}$$

to the lack of water in the pores of the $\text{C}_{\text{m}0}$ with low W/C . The CH content in the cement-sol samples of both PC repeats the dynamics of CH in the $\text{C}_{\text{m}0}$, but the CH content in the C_{mSi} below CH in the $\text{C}_{\text{m}0}$ by 20–30%. The lower CH content in C_{mSi} is the result of chemisorption binding of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ by amorphous silica.

For the period from 1 day to 150 (710) days the value of sorption activity δCaO [$\text{mg CaO} / \text{g SiO}_2$] (lower graph in Fig.) fixed at 750, 1000 and 1300 ± 100 [$\text{mg CaO} / \text{g SiO}_2$] for periods of hardening 1, 28 and 150 days. The main reaction of SiO_2^{am} with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ passes (by $70 \pm 0.5\%$) during the first 24 hours and then continues to increase slightly. Thus, in the sample C_{mSi} (with $\text{W/C} = 0.26$) the content of CH , as well as from the $\text{C}_{\text{m}0}$, followed by equally dynamics CH in $\text{C}_{\text{m}0}$.

In accordance with pozzolanic reaction in the interaction of CaO with SiO_2 to form a silicate hydrate CSH (PR) with endoeffect DTG (-130°C) and an exoeffect DTA ($+850^\circ\text{C}$). But a preliminary visual qualitative assessment of the habitus of DTGA spectra C_{mSi} not revealed its significant differences from spectra of the $\text{C}_{\text{m}0}$. The low-temperature doublet 130 and 180°C DTG also remained unchanged: this indicates the absence of interaction SiO_2^{am} and $\text{C}_4\text{AFH}_{19}$ and $\text{AF}_{\text{t,m}}$.

It is determined that for the studied period from 1 to 150 (700) days the increase of these indicators also characterizes the formation of hydrate compounds of hardening cement matrix. For the period from 1 to 150 days, the values of thermogravimetric indicators increase by 30–98% depending on their «structural» purpose.

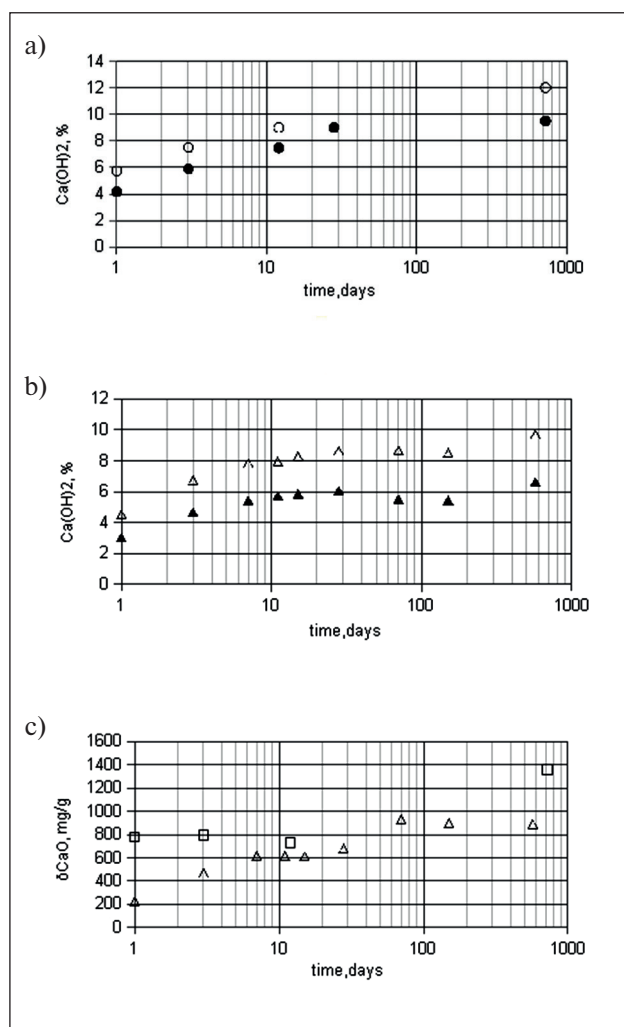


Fig. Influence of sol «Geosil»: on Ca(OH)_2 content (Fig. a, b); the amount of chemisorption δCaO , mg/g during the hardening of cements (Fig. c):

- a) – $\text{Ca(OH)}_2 = f(\tau)$: South Korea (SsangYong):
 $\text{C}_3\text{S} = 58\%$, $\text{C}_3\text{A} = 8.6\%$, $\text{W/C} = 0.39$:
 ○ – cement matrix without SiO_2 and SVC-5Neu;
 ● – cement matrix with sol addition/additive
 $\text{SiO}_2 = 1.15\%$; SVC-5Neu = 0.2%;
- b) – $\text{Ca(OH)}_2 = f(\tau)$: Japan (Denki): $\text{C}_3\text{S} = 66\%$,
 $\text{C}_3\text{A} = 9.0\%$, $\text{W/C} = 0.26$:
 △ – cement matrix without SiO_2 ,
 content of SVC-5Neu = 0.16 %;
 ▲ – cement matrix with sol addition/additive
 $\text{SiO}_2 = 1.74\%$, content SVC-5Neu = 0.77%;
- c) – dynamics δCaO in cement matrix samples with-
 out additives and with the addition of sol «Geosil»:
 □ – cement SsangYong, $\text{SiO}_2 = 1.15\%$,
 SVC-5Neu = 0.2%;
 △ – cement Denki, $\text{SiO}_2 = 1.74\%$,
 SVC-5Neu = 0.77%

The dynamics of the increment of hydrated compounds in the sol-containing C_{mSi} lower by 10–20 % compared to C_{m0} (table 2). This can be related to the reduced content of portlandite in samples with sol Geosil.

It was previously found analytically that the indicators of 300'' (the proportion of hydrosilicates in the cement matrix equal to the weight loss when heated to 300°C) in C_{mSi} has a higher value compared to C_{m0} , increasing to a period of 150 days. This excess of 300'' for C_{mSi} (level +8%) can be attributed to the appearance of additional CSH (PR) of pozzolanic origin and was noted by us earlier for CSF [7, 25].

Thus, it was found that during hardening in the period of 1–150 days, the formation of hydrosilicates (according to TG300) as well as for Ca(OH)_2 , depends on the addition of sol «Geosil».

Table 2 shows that the rate of hydration (for CBW) in C_{mSi} is subject to dilution rules, and reduced by 4–8% compared to C_{m0} .

The content of CH in C_{mSi} is lower by 30–40%, and the content of hydrogranates (indicator 300'') shows a tendency to increase from a period of 3 days to 8% as the result of pozzolanic reaction. The total content of lime products of hydration (TG_i) during the whole period of hardening remains approximately at the same level (corresponds to the scheme of cement hydrolysis), but in samples of C_{mSi} is lower by 2–13%.

More revealing is the behavior of the indicator P_3' (the ratio of products of hydration in the lime and hydrogranates forms): C_{mSi} have P_3' below to 16–35% compared to the C_{m0} .

The expected increment of hydrogranates as a result of the pozzolanic reaction (in terms of 300'') is confidently recorded to (3–8%) from the period of 3 days.

The rate of increment of hydrosilicates of samples C_{mSi} 10–20% lower than the C_{m0} . The increase to the period of 150 days of the indicator 300'' can characterize the formation of an additional amount of hydrosilicate CSH (PR) of pozzolanic origin. The increased (by 40–100%) content of CaCO_3 in the C_{mSi} measured by DTGA associated with the behavior of the applied polycarboxylate superplasticizer during firing in the derivatograph furnace during the analysis, although it was determined that the PCX completely «burns out» when the temperature reaches 300°C.

It was determined that the addition of sol «Geosil» reacts quickly with Ca(OH)_2 in cement matrices, significantly (up to 40%) reducing its content.

By the period of 24 hours sol «Geosil» binds 250–750 [mg CaO/g SiO_2] and continues to bind CH up to 100–700 days, up to $\delta\text{CaO} = 1300 \pm 100$ [mg CaO/g SiO_2].

While there was a trend to higher content of difficult to diagnose hydrosilicates CSH (PR) pozzolanicity of origin (table. 2), which confirms our previously measured

Table 2

The data of thermogravimetric analysis and the results of calculations of the parameters of the structure of cement matrix (PC Denki) without additional and with the addition of sol «Geosil» and plasticizer SVC-5 Neu at equal W/C = 0.26

Age, day	1 day			3 day			28 day			70 day			150 day		
composition	w/a	SiO ₂	Si/wa, %	w/a	SiO ₂	Si/wa, %	w/a	SiO ₂	Si/wa, %	w/a	SiO ₂	Si/wa, %	w/a	SiO ₂	Si/wa, %
№ DTGA	4278	4276	—	4280	4274	—	4299	4269	—	4310	4309	—	4324	4323	—
Range of temperature, °C	Interval loss, %														
20–300	6.53	7.33	+12	9.42	9.42	0.0	10.64	10.5	–1.3	9.44	9.79	+3.7	9.83	9.76	–0.7
20–900	12.6	14.1	+12	17.4	17.3	–0.6	19.1	18.32	–4	18.7	18.8	+0.1	19.07	19.0	
CBW/1.86*	8.75	9.88	+13	13.4	12.84	–4	15.9	14.55	–8	15.4	14.54	–4	15.6	14.41	–8
Ca(OH) ₂ /0.98*	4.53	3.03	–33	6.76	4.67	–31	8.65	5.07	–41	8.68	5.52	–36	8.52	5.44	–36
CaCO ₃ /3.89*	3.72	5.13	+38	4.35	6.43	+48	1.53	3.46	+126	2.68	5.52	+106	2.42	5.87	+142
LCI	9.23	8.16	—	11.1	11.0	—	10.5	8.4	—	11.4	11.0	—	10.9	11.3	—
IC	41	63	+54	39	58	+49	14.5	40.5	+180	24	50	+108	22	52	+136
CH _{all} , %	7.28	6.83	–6.2	9.98	9.43	–5.5	9.78	7.63	–22	11.6	9.60	–17	10.3	9.78	–5
300'', %	74.6	62.4	–16%	70.2	72.0	+2.6	66.9	72.4	+8.2	62.3	67.5	+8.3	62.7	67.7	+8.0
TGi, %	17.3	16.8	–3%	18.1	17.8	–1.6	14.9	+2.7	–15	18.6	16.1	–13	16.1	16.5	+2
P ₃ ', rel. un.'	1.11	0.93	–16	1.06	1.02	–4	0.92	0.73	–21	1.23	0.98	–20	1.07		–35

* in the first column, the denominator indicates the values of the components in the original (non-hydrated) cement.

CBW = $TG_{20-900^{\circ}C} - 0.41 \times TG_{600-900^{\circ}C}$, LCI = $Ca(OH)_2 + CaCO_3$, %, 300'' = $TG_{20-300^{\circ}C} / CBW$, IC = $CaCO_3 / LCI \times 100$, %,

CH_{all} = $Ca(OH)_2 + 0.74 \times CaCO_3$, P₃' = $CH_{all} / TG_{20-300^{\circ}C}$, TG_i = $(0.243 \times CH_{all}) / CBW$,

(Si / w.a. – 1) • 100, %, where Si and w.a. – indicators for cement-sol and cement without additive respectively,

LCI – lime carbonate index,

CBW – chemically bound water

characteristics for cement-mineral materials at the age of 28–360 days [25].

It is likely that the completeness of the reaction of SiO₂ with Ca(OH)₂ is proportional to the W/C ratio, which should be taken into account in the technology of cement-sol materials. The difference δCaO for PC SsangYong and Denki in the period up to 7–10 days due to a higher (2 times) ratio of Ca(OH)₂ / SiO₂ in the pores of the C_{msi}.

The studied dosages of SiO₂ am 1.74% do not have a depressive effect on the protective properties (according to Ca(OH)₂) of such materials with respect to steel reinforcement of concrete.

The calculations take into account the content of Ca(OH)₂ and CaCO₃ in the original PC:

- for South Korea (SsangYong) Ca(OH)₂ = 0.53%, CaCO₃ = 3.1%;
- for Japan (Denki) Ca(OH)₂ = 0.98 %, CaCO₃ = 6.86%.

Error reading interval loss Ca(OH)₂ mass (ΔT = 450...510°C) is 1.5..2 rev. percent's. The actual measured difference between samples without additive of SiO₂ and

with SiO₂ additive in Ca(OH)₂ is 25...30 % with error in determining the content of Ca(OH)₂ to 2%.

CONCLUSION

1. It was determined that in cement materials chemisorption activity of «Geosil» sol is high enough and by the period of 1 day shows the values δCaO = 750±100 [mg CaO / g SiO₂], and then continues to increase, reaching the period of 100 days values δCaO = 1200±100 [mg CaO / g SiO₂]. The main reaction of SiO₂ with Ca(OH)₂ (at ≈60–70%) in cement matrices takes place in the first 24 hours. The pozzolan reaction between amorphous nanosilica and portlandite, the product of which are hydrosilicates, can explain the increase in the strength of concrete when nanosilica is added.

2. When determining the amount of Ca(OH)₂ bound by SiO₂, it is necessary to take into account the water-cement ratio, the amount of Ca(OH)₂ present in the composition of the initial (non-hydrated) cement, the amount of SiO₂ relative to the cement, carbonatization

of $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pyrolytic binding of the part of portlandit by carbon additive superplasticizer during firing in the derivatograph.

3. The main reaction on the interaction of SiO_2 with the liquid phase of portland cement by $\text{Ca}(\text{OH})_2$ is confirmed by other parameters of the structure: an increase in the proportion of hydrosilicates ($300''$), a decrease

in the total lime component and a decrease in the ratio of pozzolan reaction products in lime and hydrosilicate forms (P_3'). The trend of transformation of the indicators of the phase composition of cement-sol materials (reduction of lime components and increase in the proportion of hydrosilicates) is consistent with the general concepts of the interaction of SiO_2 with lime.

ВВЕДЕНИЕ

Ультрадисперсные материалы (УДМ) на основе аморфных $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ типа микрокремнезема (CSF) [1–7] обычно в присутствии суперпластификаторов с водоредуцирующей способностью более 20–30% существенно изменяют морфологию и структуру цементных композиций, обеспечивая повышенные показатели плотности, прочности и коррозионной стойкости.

Основными структурообразующими характеристиками таких материалов являются, на наш взгляд, размер частиц и их химическое сродство (способность к связыванию CaO) к щелочной (CaO , R_2O) жидкой фазе цемента (Ц). Высокодисперсные частицы CSF ($d = 0,15\text{--}0,3$ мкм) заполняют межзерновое пространство между «грубыми» частицами цемента ($d = 30\text{--}100$ мкм), уплотняя структуру и обеспечивая стесненные условия взаимодействия CSF с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ жидкой фазы Ц. Аморфная структура CSF предопределяет его быстрое взаимодействие с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием гидросиликатов кальция (ГСК) коллоидно-гелевой дисперсности. В результате этих процессов образуется субмикроголевая гидросиликатная взвесь, вязкость которой обеспечивает безседиментационное размещение реагирующих частиц CSF и цемента в порах Цм и на границе с заполнителем. Частицы CSF имеют химическое сродство с поровой жидкостью Ц ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH , NaOH), обладают высокой способностью к хемосорбции CaO и выполняют роль силикатных центров зародышеобразования возникающих на их поверхности гидросиликатов. Для CSF в цементных материалах наиболее цитируемой является реакция $\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ без указания роли R_2O . Конструктивная роль CSF по прочности бетона для дозировки CSF 10–20% подтверждается во многих работах [1–7], но ее проявление по прочности ($R_{\text{си}} > R_{\text{б/д}}$) начинается не ранее 7–30 сут. Согласно литературным данным, прочность на разрыв образующихся гидросиликатов существенно превышает прочность Цк и достигает по информации [8] 700–800 МПа для CSH (I) и 1000–1300 МПа для CSH (II) [23, 24].

В тоже время известен ряд работ, показывающих возможность повышения прочности бетона вводом наночастиц SiO_2 [9, 10, 11, 12]. Целью нашей работы было определение количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$, связанного наночастицами SiO_2 в результате пуццолановой реакции в цементном камне, что может объяснять механизм повышения прочности бетонов. Влияние пуццолановой реакции на прочность цементного камня при вводе микрокремнезема обсуждалась в работах [13–22].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Получение золя наночастиц SiO_2 на основе гидротермального раствора

Из сепараторов геотермальных электрических станций (ГеоЭС) водную среду, содержащую растворенную ортокремниевую кислоту (H_4SiO_4), направляли в охладитель, после чего при температуре 70°C проводили поликонденсацию кремнекислоты с образованием наночастиц SiO_2 с диаметрами в диапазоне 5–100 нм. Сепарат с формировавшимися частицами SiO_2 кремнезема подавали в ультрафильтрационную баромембранную установку для концентрирования и получения стабильного водного золя SiO_2 «Геосил». Характеристики исходного сепарата: солесодержание – 702 мг/л, $\text{pH} = 9,2$, содержание SiO_2 – 716 мг/л, концентрация растворенной кремнекислоты – 160 мг/л. В результате мембранного концентрирования получали концентрированный водный золь кремнезема с плотностью 1075 г/л, содержанием SiO_2 – 125 г/л.

Изготовление цементно-золевых паст для физико-химических исследований (проводили вручную в фарфоровой круглодонной чашке)

В качестве суперпластификатора был принят поликарбоксилат SVC-5 Neu (ПКК). Навески для замесов составляли: цемент – 100 г, (золь + вода + ПКК) – 26–29 г. Дозировки золя по SiO_2 были от 1,15% до 1,74% от массы цемента. Использовали

алитовые портландцементы «SsangYong» и «Denki». Начальную температуру цемента, воды, золя и ПМК обеспечивали на уровне $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Водоцементное отношение обеспечивали на уровне $B/C = 0,39$ и $0,26$. Определено временное загустевание цементно-золевых паст, устраняемое интенсивным перетиранием: это явление нами отнесено к высокой сорбционной активности золя SiO_2 . Физико-химическое исследование проводили на порошках, растертых из отколотых фрагментов цементного камня Цк массой 3–5 г и высушенных при 50°C в ацетоне.

Аппаратура и принятые диагностические показатели фазового состава

Съемки проводили на дериватографе ОД102 в малых платиновых тиглях с крышкой (т.е. при ограниченном доступе атмосферного воздуха) при достигнутой скорости нагрева около 9 град/час и чувствительностях по ТГ = 100 мг (иногда 50 мг), по ДТГА – 1/5 при средней массе препарата в Рт-тигле около 250 мг, а для препаратов $(\text{SiO}_2^{\text{ам}} + (\text{Ca}(\text{OH})_2) - 50...100$ мг. Нормальность работы дериватографа по ДТА, ДТГ и ТГ была проверена по эталонным значениям для бета-кварца и моногидрата оксалата кальция (каталог Липтэя). Ожидаемые диагностические ДТГА – эффекты и их потенциал диагностической значимости и достоверности (каталоги Горшкова В.С., Ларионовой З.М., база данных ДальНИИС):

В нашем случае согласно ДТГА каталогам и базе данных ДальНИИС основные термоаналитические характеристики представлены:

- цементный камень имеет 2–4 эффекта ДТГ и ДТА в интервале $20-300^\circ\text{C}$ (обычно гидросиликаты, алюмосульфогерриты, гидроалюминаты), один эффект при $350-380^\circ\text{C}$ (CSH), $480-500^\circ\text{C}$ $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$, 750°C (CaCO_3) и $850-890^\circ\text{C}$ (CSH). Регистрируемые нами эффекты $650-700^\circ\text{C}$ в образцах воздушного хранения отнесены нами (по Бэсси и Бабушкину) к продуктам карбонизации CSH, $\text{AF}_{\text{т.м}}$ и $\text{C}_4\text{AFH}_{19}$.
- аморфный кремнезем $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ – согласно данным ДальНИИС на ДТГА не фиксируются эндоэкзо-эффекты, кроме небольших диффузных эндоэффектов ДТГ и ДТА при $\approx 100^\circ\text{C}$, обусловленных наличием свободной воды. Потеря массы продолжается вплоть до 900°C . Эндоэффект бета-кварца (ДТА – 570°C) отсутствует.

Методика расчетов связывания СаО аморфным нанокремнеземом золя «Геосил» в цементных материалах

Учет компонентов исследуемых цементов.

Анализируемая проба цементного материала представляет собой смесь собственно цемента,

введенного неорганического аморфного кремнезема (золь Геосил) и органического пластификатора SVC-5Neu (ПМК), вводимого в цементный материал для обеспечения равноподвижности.

В расчетах содержания портландита проводятся:

1) учет разбавления цемента аморфным кремнеземом по формуле $\text{CH}'_{\text{Si}} = \text{CH}_{\text{Si}}/\text{доля цемента}$.

2) учет пиролитического связывания части портландита углеродом добавки при обжиге в дериватографе: $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}\uparrow) + \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$: $\Delta\text{CH}^{\text{fire}} = D_{\text{ПКК}} \times 1,5\%$.

Определение количества связываемого аморфным кремнеземом СаО проводится по результатам ДТГА-анализа содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементной составляющей цементных камней – бездобавочного и содержащих золь SiO_2 . Содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ определяют по значению интервальной потери массы в диапазоне температуры $460-510^\circ\text{C}$ путем умножения ее величины на коэффициент 4,11. В ходе расчетов учитывают правила разбавления (А) и соотношение В/Ц (Б) в анализируемых образцах.

А) Правила разбавления: учет $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в исходном цементе и количества вводимого SiO_2 . В соответствии с правилами разбавления расчет $\text{Ca}(\text{OH})_2$ для сравниваемых цементных камней ведут с учетом содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в исходном (негидратированном) цементе, а для золь-содержащих материалов проводят учет количества введенного SiO_2 .

Для цементных материалов с поликарбоксилатом необходимо учитывать пиролитическую реакцию углерода добавки с высвобождаемым СаО в момент обжига в дериватографе.

Обозначения и формулы расчетов

Обозначения ($\text{CH} = \text{Ca}(\text{OH})_2$):

$\text{CH}_{\text{исх}}$, % – содержание портландита (CH) в исходном негидратированном цементе, %;

CH_0 , % – содержание CH в Цк без добавки SiO_2 ;

$\text{CH}_{0,\text{факт}} = \text{CH}_0 - \text{CH}_{\text{исх}}$, % – фактическое содержание гидролизного CH в Цк без добавки;

CH^{Si} , % – содержание CH в цементно-золевом камне;

$\text{CH}^{\text{Si}}_{\text{ц}} = \text{CH}^{\text{Si}}/(1-\text{доля } \text{SiO}_2)$, % – содержание CH в цементной составляющей цементно-золевого камня;

$\text{CH}^{\text{Si}}_{\text{цфакт}} = \text{CH}^{\text{Si}}_{\text{ц}} - \text{CH}_0 \cdot (1-\text{доля } \text{SiO}_2)$ – фактическое содержание гидролизного CH в цементной составляющей цементно-золевого камня.

Расчет количества СаО, связанного аморфным кремнеземом, проводят по формуле:

$$\delta \text{CaO} = 0,757 \cdot (\text{CH}_{0,\text{факт}} - \text{CH}_{\text{ц}}^{\text{Si}})/\text{SiO}_2, \text{ г/г},$$

где CH_0 факт и CH_{Si} — фактическое содержание $Ca(OH)_2$ в цементной составляющей бездобавочного и золосодержащего камня, %; 0,757 — доля CaO в $Ca(OH)_2$, отн. ед.

Б) Учет водоцементного отношения В/Ц.

Как показали проведенные нами исследования, чем больше В/Ц, тем выше содержание $Ca(OH)_2$ и тем сильнее ложная оценка пуццоланической активности SiO_2 . Содержание $Ca(OH)_2$ оказывается пропорционально В/Ц и ориентировочно повышается на 0,4–1,4% при увеличении В/Ц на 1%. Это необходимо учитывать при определении «цементирующей» эффективности минеральной дисперсии в цементных материалах с различным В/Ц.

Учет закона смесей для цементнозолевых композиций

В исследуемых материалах $Ca(OH)_2$ содержится только в цементе и отсутствует в SiO_2 . Поэтому измеренное в цементнозолевых пробах содержание $Ca(OH)_2$ надо относить к доле цемента (в нашем случае 0,988 и 0,983). Получаем истинное значение СН в цементной составляющей цементнозольного материала, который затем сравниваем со значением связанного аморфным кремнеземом CaO для контрольного (бездобавочного) цемента.

Карбонатизация. В реальных условиях содержание СН может так же снижаться в результате карбонатизации от атмосферного воздуха при твердении и при препарировании цементного камня $Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3$ т.е. СН тоже ↓. В результате убыль СН мы можем ложно интерпрети-

ровать как пуццоланическую реакцию. Наличие углекислоты в воздухе может также привести к снижению $Ca(OH)_2$ и увеличению $CaCO_3$, то есть, к ложной оценке причины уменьшения $Ca(OH)_2$: или ПР, или CO_2 . По этой причине нами предусматривается выполнение ДТГА анализа до 900–950°C с целью определения фактического содержания $CaCO_3$.

Влияние добавки золя «Геосил» на фазовый состав твердеющего цементного камня

Исследования проведены для цементно-золевых образцов на основе алитовых портландцементов «SsangYong» и «Denki» с различным содержанием SiO_2^{am} и компенсирующим количеством поликарбосилата SVC-5 Neu. Измеренные нами минералогический состав клинкера ПЦ и дозировки компонентов приведены в табл. 1а, б. Проведен анализ особенностей формы ДТГА спектров для Цк_{6/д}, Цк SiO_2 и выполнены расчеты количественных параметров интервальных потерь массы. В результате качественной оценки формы спектров ДТГА и количественного анализа интервальных потерь массы для гидратов получено следующее:

Общий вид и форма (габитус) ДТГА спектров Цк традиционны для обычных цементных камней с содержанием C_3A около 9% и представлены эндоэффектами 140°C (CSH, $AF_{t,m}$), 180°C (C_4AFH_9), 500°C ($Ca(OH)_2$), 750 и 780°C ($CaCO_3$) и 840°C (CSH).

Следует отметить, что, как нами ранее прогнозировалось, гидросиликат пуццоланического происхождения (ГСК (ПР)) имеет состав и ДТГА характеристики, близкие к составу гидратационного

Таблица 1а

Результаты термогравиметрического определения содержания портландита $Ca(OH)_2$ в цементных камнях без добавки и с добавкой «золя-геосил» для периода от 1 до 720 суток, (твердение над водой (24 часа), далее в воде (28 суток) и над водой в затемненном эксикаторе. Портландцемент Ю. Корея (Ssangyong): $C_3S = 58\%$; $C_2S = 15,5\%$; $C_3A = 8,6\%$; $C_4AF = 9,5\%$; В/Ц = 0,39; $SiO_2 = 1,15\%$; $D_{ПКК} = 0,55\%$

Время, сут.	Содержание $Ca(OH)_2$ в образце, измеренное, %		пересчет на цемент ② $CH_{Si}/0,988$, %	Прямое различие ④, %	Связывание δCaO кремнеземом ⑤ CaO/SiO_2 мг/г
	без добавки $D_{ПКК} = 0$ ①	с добавкой золя $SiO_2 = 1,15$, $D_{ПКК} = 0,22$ ① $\Delta CH^{fire} = 0,33$ ③			
	CH_0	CH_{Si}	CH'_{Si}	ΔCH	δCaO
1	5,73	4,17	4,22	22,9	777
3	7,5	5,89	5,96	17,8	796
12	9,0	7,47	7,56	13,9	731
28	—	9,0	—	—	—
720	12,0	9,5	9,61	17,4	1360

происхождения (ГСК H_2O). На тепловых спектрах ДТА не найден экзоэффект 880–900°C, характерный для некоторых гидросиликатов. ДТГА – спектры образцов $Ц_{K_{Si}}$ практически не отличаются от образцов $Ц_{K_{6/d}}$ во все периоды твердения (от 1 до 700 суток) и в основном характеризуют преимущественное наличие гидратных новообразований (ГНО) цементного происхождения.

Присутствие SiO_2^{am} не вызывает изменений формы низкотемпературного дуплета 140°C (CSH, $AF_{t,m}$), 180°C (C_4AFH_{19}).

Отмечено также, что высокотемпературный гидросиликатный эндоэффект ДТГ (–840°C) в образце из $Ц_{K_{6/d}}$ выражен сильнее в сравнении с $Ц_{K_{Si}}$, что может свидетельствовать о вероятном замещении

ГСК (–840°C) на другой ГСК, не имеющего такого термоаналитического маркера. Вероятно, это соединение имеет состав C_2SH (с $CaO/SiO_2 = 2$) и пониженным содержанием химически связанной воды. У $Ц_{K_{Si}}$ низкотемпературные спектры (от 100 до 140°C), характеризующие наличие ожидаемых ГСК пуццоланического генезиса, практически идентичны образцам $Ц_{K_{6/d}}$, но вероятно соответствующие им «узкие» интервальные потери (20–160, 20–300°C) могут свидетельствовать об их возникновении.

Таким образом, ожидаемая пуццоланическая реакция SiO_2^{am} с $Ca(OH)_2$ в составе $Ц_{K_{Si}}$ вызвала значительное снижение $Ca(OH)_2$, но практически не изменила форму ДТГА-спектров остальных соединений.

Таблица 16

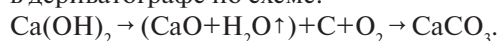
Результаты термогравиметрического определения содержания портландита $Ca(OH)_2$ в цементных камнях без добавки и с добавкой золя «Геосил» для периода от 1 до 570 суток, (твердение над водой (24 часа), далее в воде (28 суток) и над водой в затемненном эксикаторе. Портландцемент Японии (Denki): $C_3S = 66\%$; $C_2S = 10\%$; $C_3A = 9,0\%$; $C_4AF = 10,0\%$; $B/C = 0,26$; $SiO_2 = 1,74\%$; $D_{ПКК} = 1,88\%$

Время, сут.	Содержание $Ca(OH)_2$ в образце, измеренное, %		пересчет на цемент ② $CH_{Si}'/0,983$, %	Прямое различие ④, %	Связывание δCaO кремнеземом ⑤ CaO/SiO_2 мг/г
	без добавки золя $D_{ПКК} = 0,156$ ① $\Delta CH^{fire} = 0,23$ ③	с добавкой золя $SiO_2 = 1,74$, $D_{ПКК} = 0,77$ ① $\Delta CH^{fire} = 1,16$ ③			
	CH_0	CH_{Si}	CH_{Si}'	ΔCH	δCaO
1	4,53	3,03	3,08	19	226
3	6,76	4,67	4,75	18	470
7	7,85	5,41	5,50	18	618
11	7,95	5,73	5,82	16	617
15	8,31	5,87	5,97	17	613
28	8,65	6,06	6,16	17	680
70	8,68	5,52	5,61	21	933
150	8,52	5,44	5,52	21	900
570	9,72	6,63	6,74	18	890

① $D_{ПКК}$ – доза SVC 5 Neu в сухом виде относительно цемента.

② Учет разбавления $CH_{Si}' = CH_{Si}/\text{доля цемента}$.

③ Учет пиролитического связывания части портландита углеродом добавки ПКК при обжиге в дериватографе по схеме:



$$\Delta CH^{fire} = D_{ПКК} \times 1,5, \%$$

$$\text{④ Прямое различие } \Delta CH = \frac{(CH^{Si} / CH_{ц} - 1) \cdot 100}{SiO_2}, \%$$

$$\text{⑤ Связывание } \delta CaO = \Delta CH \times 0,757, \text{ мг/л.}$$

$$\delta CaO = \frac{(CH_0 + \Delta CH^{fire}) - (CH_{Si} + \Delta CH^{fire})}{SiO_2} \times 0,757, \text{ мг/г}$$

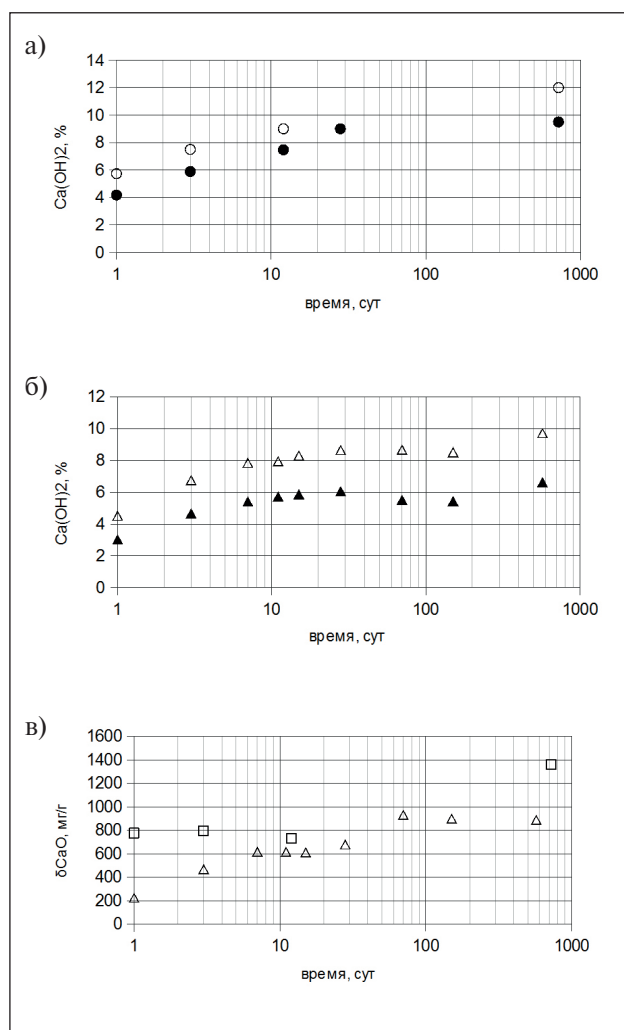


Рис. Влияние золя «Геосил»: на содержание Ca(OH)_2 (рис. а, б); величину хемосорбции δCaO , мг/г в процессе твердения цементов (рис. в):

а) – $\text{Ca(OH)}_2 = f(\tau)$: Южная Корея (SsangYong):

$\text{C}_3\text{S} = 58\%$, $\text{C}_3\text{A} = 8,6\%$, В/Ц = 0,39:

○ – цементный камень б/д SiO_2 и без SVC 5Neu;

● – цементный камень с добавкой «золя» $\text{SiO}_2 = 1,15\%$; SVC 5Neu = 0,2%. Здесь данные по

Ca(OH)_2 приведены без учета наличия SVC 5Neu;

б) – $\text{Ca(OH)}_2 = f(\tau)$: Япония (Denki): $\text{C}_3\text{S} = 66\%$, $\text{C}_3\text{A} = 9,0\%$, (индекс 250915), В/Ц = 0,26:

△ – цементный камень б/д SiO_2 ,

содержание SVC 5Neu = 0,16%;

▲ – цементный камень с добавкой «золя» $\text{SiO}_2 = 1,74\%$, содержание SVC 5Neu = 0,77%.

Здесь данные по Ca(OH)_2 также приведены без учета наличия SVC 5Neu;

в) – Динамика δCaO в образцах цементного камня без добавки и с добавкой золя «Геосил»:

□ – Цемент SsangYong, $\text{SiO}_2 = 1,15\%$,

SVC-5Neu = 0,2%;

△ – Цемент Denki, $\text{SiO}_2 = 1,74\%$, SVC-5Neu = 0,77%

Принятые сокращения:

СН – портландит Ca(OH)_2 .

ПР – пуццоланическая реакция ($\text{СН} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$);

CSH (H_2O) – гидросиликат материнский (цементный) гидратного происхождения ($\text{C}_3\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Ca(OH)}_2$);

CSH (ПР) – гидросиликат пуццоланического происхождения (см. позицию ПР).

Из данных табл. 1а, б и 2 видно, что содержание СН в Цк_{б/д} с течением времени повышается, причем для Цк Denki (с В/Ц = 0,26) с периода 30 суток отмечено торможение наращивания СН с тенденцией последующего слабого понижения. Вероятно это связано с нехваткой воды в порах Цк с низким В/Ц. Содержание СН в цементно-золевых образцах обоих ПЦ повторяет динамику СН в Цк_{б/д}, но содержание СН в Цк_{Si} ниже СН₀ в Цк_{б/д} на 20–30%. Более низкое содержание СН в Цк_{Si} является результатом хемосорбционного связывания Ca(OH)_2 аморфным кремнеземом.

За период от 1 до 150 (710) суток величина сорбционной активности δCaO [мг CaO / г SiO_2] (нижний график в рис.) фиксируется на уровне 300–750, 1000 и 1300 ± 100 [мг CaO / г SiO_2] для периодов твердения 1, 28 и 150 суток. Основная реакция $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ с Ca(OH)_2 проходит (на $70 \pm 0,5\%$) в течение первых 24 часов и далее продолжает незначительно повышаться. При этом у образца Цк_{Si} (с В/Ц = 0,26) содержание СН симбатно следует динамике СН Цк_{б/д}.

В соответствии с пуццоланической реакцией при взаимодействии CaO с SiO_2 должен образовываться гидросиликат CSH (ПР) с эндоэффектом ДТГ (-130°C) и экзоэффектом ДТА ($+850^\circ\text{C}$). Но предварительная визуальная качественная оценка габитуса ДТГА спектров Цк_{Si} не выявила его значимых отличий от спектров Цк_{б/д}. Низкотемпературный дуплет 130 и 180°C ДТГ так же остался неизменным: это свидетельствует об отсутствии взаимодействия $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ с C_4AF_{19} и $\text{AF}_{1,m}$.

Определено, что за изученный период от 1 до 150 (700) суток увеличение этих показателей также характеризует образование гидратных соединений твердеющего цементного камня. За период от 1 до 150 суток значения термогравиметрических показателей возрастает на 30–98% в зависимости от их «структурной» предназначенности.

Динамика приращения гидратных новообразований (ГНО) у золь-содержащих Цк_{Si} ниже на 10–20% в сравнении с бездобавочным Цк₀ (табл. 2). Это можно связать с пониженным содержанием портландита в образцах с золом «Геосил».

Предварительно найдено аналитически, что показатель 300'' (доля гидросиликатов в цементном камне, равная потере массы при нагреве до 300°C) у Цк_{Si}

Таблица 2

Данные термогравиметрического анализа и результаты расчетов параметров структуры цементного камня (ПЦ Denki) бездобавочного и с добавкой золя «Геосил» в присутствии пластификатора SVC-5Neu при равном в/ц = 0,26

Возраст, сут	1 сутки			3 суток			28 суток			70 суток			150 суток		
состав	б/д	SiO ₂	Si/ БД, %	б/д	SiO ₂	Si/ БД, %	б/д	SiO ₂	Si/ БД, %	б/д	SiO ₂	Si/ БД, %	б/д	SiO ₂	Si/ БД, %
№ ДГТА	4278	4276	—	4280	4274	—	4299	4269	—	4310	4309	—	4324	4323	—
Интервал тем- пературы, °С	Интервальные потери массы, %														
20–300	6,53	7,33	+12	9,42	9,42	0,0	10,64	10,5	–1,3	9,44	9,79	+3,7	9,83	9,76	–0,7
20–900	12,6	14,1	+12	17,4	17,3	–0,6	19,1	18,32	–4	18,7	18,8	+0,1	19,07	19,0	—
ХСВ/1,86*	8,75	9,88	+13	13,4	12,84	–4	15,9	14,55	–8	15,4	14,54	–4	15,6	14,41	–8
Ca(OH) ₂ /0,98*	4,53	3,03	–33	6,76	4,67	–31	8,65	5,07	–41	8,68	5,52	–36	8,52	5,44	–36
CaCO ₃ /3,89*	3,72	5,13	+38	4,35	6,43	+48	1,53	3,46	+126	2,68	5,52	+106	2,42	5,87	+142
ИКС	9,23	8,16	—	11,1	11,0	—	10,5	8,4	—	11,4	11,0	—	10,9	11,3	—
СК	41	63	+54	39	58	+49	14,5	40,5	+180	24	50	+108	22	52	+136
СН _{полн} , %	7,28	6,83	–6,2	9,98	9,43	–5,5	9,78	7,63	–22	11,6	9,60	–17	10,3	9,78	–5
300'', %	74,6	62,4	–16 %	70,2	72,0	+2,6	66,9	72,4	+8,2	62,3	67,5	+8,3	62,7	67,7	+8,0
ТГ ₁ , %	17,3	16,8	–3 %	18,1	17,8	–1,6	14,9	+2,7	–15	18,6	16,1	–13	16,1	16,5	+2
П ₃ ', отн. ед.	1,11	0,93	–16	1,06	1,02	–4	0,92	0,73	–21	1,23	0,98	–20	1,07	—	–35

* в первой колонке в знаменателе указаны значения компонентов в исходном (негидратированном) цементе.

ХСВ = $TG_{20-900^{\circ}C} - 0,41 \times TG_{600-900^{\circ}C}$, ИКС = $Ca(OH)_2 + CaCO_3, \%$, $300'' = TG_{20-300^{\circ}C} / XCB$, отн. ед., СК = $CaCO_3 / ИКС \times 100, \%$, $СН_{полн} = Ca(OH)_2 + 0,74 \times CaCO_3$, $TG_1 = (0,243 \times СН_{полн}) / XCB$; $П_3' = СН_{полн} / TG_{20-300^{\circ}C}$, отн. ед.

(Si / б.д. – 1) • 100, %, где Si и б.д. – показатели для цементно-золевого и бездобавочного состава соответственно.

ИКС – известково-карбонатный индекс;

ХСВ – химически связанная вода;

СК – степень карбонатизации

имеет более высокое значение по сравнению с $Ц_{к_{б/д}}$, усиливающееся к периоду 150 суток. Этот избыток 300'' для $Ц_{к_{Si}}$ (на уровне +8%) можно отнести к появлению дополнительного CSH (ПР) пуццоланического происхождения и отмечен нами ранее для CSF [7, 25].

Таким образом установлено, что при твердении в период 1–150 суток формирование гидросиликатов (по ТГ300) так же, как и для $Ca(OH)_2$, зависит от добавки золя «Геосил».

Из табл. 2 видно, что показатель степени гидратации (по ХСВ) у $Ц_{к_{Si}}$ подчиняется правилам разбавления и понижен на 4–8% по сравнению с $Ц_{к_{б/д}}$.

Содержание СН в $Ц_{к_{Si}}$ ниже на 30–40%, а содержание гидрогранатов (показатель 300'') обнаруживает тенденцию повышения с периода 3 суток до 8%: результат пуццоланической реакции. Общее содержание известковых продуктов гидратации (ТГ₁) в течение всего периода твердения сохраняется примерно на одном уровне (соответствует схеме гидролиза цемента), но у образцов $Ц_{к_{Si}}$ ниже на 2–13%.

Более наглядно поведение показателя $П_3'$ (соотношение продуктов гидратации в известковой и гидрогранатной формах): у $Ц_{к_{Si}}$ показатель $П_3'$ ниже на 16–35% по сравнению с $Ц_{к_{б/д}}$.

Ожидаемое приращение гидрогранатов в результате пуццоланической реакции (по показателю 300'') уверенно регистрируется до (3–8%) с периода 3 суток.

Темп приращения гидросиликатов у образцов $Ц_{к_{Si}}$ на 10–20% ниже, чем у бездобавочного. Усиление к периоду 150 суток показателя 300'' может характеризовать образование дополнительного количества гидросиликата CSH (ПР) пуццоланического происхождения. Измеренное по ДГТА повышенное (на 40–100%) содержание $CaCO_3$ в $Ц_{к_{Si}}$ связано с особенностями поведения примененного суперпластификатора поликарбоксилата при обжиге в печи дериватографа при проведении анализа, хотя было определено, что ПКС полностью «выгорает» при достижении температуры 300°C.

Определено, что добавка золя «Геосил» быстро реагирует с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне, значительно (до 40%) снижая его содержание.

К периоду 24 часа золь «Геосил» связывает 250–750 [мг CaO / г SiO_2] и продолжает связывать СН вплоть до 100–700 суток до значения $\delta\text{CaO} = 1300 \pm 100$ [мг CaO / г SiO_2].

При этом отмечена тенденция к повышению содержания труднодиагностируемого [21] гидросиликата CSH (ПР) пуццоланического происхождения (табл. 2), что подтверждает наши ранее измеренные характеристики для цементно-минеральных материалов в возрасте 28–360 суток [25].

Вероятно, что полнота реакции SiO_2 с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ пропорциональна В/Ц отношению, что следует учитывать в технологии цементно-золевых материалов. Различие δCaO для ПЦ SsangYong и Denki в период до 7–10 суток обусловлено более высоким (в 2 раза) соотношением $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ в порах Цк_{си}.

Изученные дозировки $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ до 1,74% не оказывают депрессивного воздействия на защитные свойства (по $\text{Ca}(\text{OH})_2$) таких материалов по отношению к стальной арматуре бетона.

В расчетах учтено содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CaCO_3 в исходных ПЦ:

- для Ю.Корея (SsangYong) $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,53\%$, $\text{CaCO}_3 = 3,1\%$;
- для Япония (Denki) $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 0,98\%$, $\text{CaCO}_3 = 6,86\%$.

Ошибка считывания интервальной потери $\text{Ca}(\text{OH})_2$ массы ($\Delta T = 450 \dots 510^\circ\text{C}$) составляет 1,5...2 отн. процентов. Измеренное фактическое различие бездобавочных и с добавкой образцов по $\text{Ca}(\text{OH})_2$ достигает 25...30% при ошибке определения содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до 2%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определено, что в цементных материалах хемосорбционная активность золя «Геосил» достаточно высока и уже к периоду 1 сутки показывает значения до $\delta\text{CaO} = 750 \pm 100$ [мг CaO / г SiO_2], и далее продолжает повышаться, достигая к периоду 100 суток значений $\delta\text{CaO} = 1200 \pm 100$ [мг CaO / г SiO_2]. Основная реакция SiO_2 с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (на $\approx 60\text{--}70\%$) в цементном камне проходит в первые 24 часа. Пуццолановая реакция между аморфным нанокремнеземом и портландитом, продуктом которой являются гидросиликаты, может объяснить повышение прочности бетона при вводе нанодобавки.

2. При определении количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$, связанного SiO_2 , необходимо учитывать водоцементное отношение, количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$, присутствующего в составе исходного (негидратированного) цемента, количество SiO_2 относительно цемента, карбонатизацию $\text{Ca}(\text{OH})_2$, пиролитическое связывание части портландита углеродом добавки суперпластификатора при обжиге в дериватографе.

3. Основная реакция по взаимодействию $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ с жидкой фазой портландцемента по $\text{Ca}(\text{OH})_2$ подтверждена и другими параметрами структуры: повышение доли гидросиликатов (300'), снижение общей известковой составляющей и понижению соотношения продуктов пуццолановой реакции в известковой и гидросиликатных формах (P_3'). Тренд преобразования показателей фазового состава цементно-золевых материалов (снижение известковых компонентов и повышение доли гидросиликатов) согласуется с общими представлениями по взаимодействию $\text{SiO}_2^{\text{ам}}$ с известью.

REFERENCES

1. Batrakov V.G. Modificirovannye betony [Modified concretes]. Teorija i praktika [Theory and practice]. Ed. 2nd, 1988. p. 768. (In Russian).
2. Sellevold E.J., Nilsen T. Condensed silica fume in concrete: a world review. Chapter 3 (pp. 167–229). Supplementary cementing materials for concrete (ed. by V.M. Malhotra). Ottawa (Canmet). 1987. p. 428.
3. Admixture for Concrete (Improvement of Properties). Proc of the International Rilem Symposium (proc. № 5) (Barselona, May 14–17, 1990), Chapman and Hall. 1990. 586 c. (Artiques J.C. (Spain) (p. 156–167, 229–241); Baronio G. (Italy) (p. 241–250); Svenkerud P.I. (Norway) (p. 347–360).
4. Volzhensky A.V. et al. Mineral'nye vjazhushhie veshhestva: (tehnologija i svojstva): uchebnik dlja vuzov [Mineral binders: (technology and properties). Textbook for universities]. 3rd edition. Moscow: SI, 1979, 476 c. (In Russian).
5. Batrakov V.G., Kaprielov S.S., Sheinfeld A.V. Jefferktivnost' primenenija ul'-tradispersnyh othodov ferrosplavnogo proizvodstva [Efficiency of application of ultrafine wastes of ferroalloy production]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1981. № 8, P. 24–25. (In Russian).
6. Trofimov B.Y., et al. Ispol'zovanie othoda proizvodstva ferrosilicija [Use of waste production of ferrosilicon]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1987, № 4, p. 39–41. (In Russian).
7. Efimenko Y.V., Kuznetsova L.A., Antropova V.A. Osobennosti vlijanija mikro-kremnezema na strukturu melkozemistogo keramzitobetona lit'evoj konsistencii [Features of influence of micro-silica on the structure of fine-grained expanded clay concrete of injection consistency]. Proceedings of the international research and production complex «Science and technology of silicate materials – present and future», Moscow, Oct. 2003. Vol. 5, Moscow. CPS, 2003, pp. 98–106. (In Russian).
8. Sheinfeld A.V. Osobennosti formirovanija ierarhicheskoj mikro-nanostruktury [Features of formation of hierarchical micro-nanostructure]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 2016, № 2, p. 16–21. (In Russian).
9. Potapov V.V., Tumanov A.V., Zakurazhnov M.S. et al. Povyshenie prochnosti betona za schet vvoda nanochastich SiO₂ [Increase of concrete strength due to introduction of SiO₂ nanoparticles]. Fizika i himija stekla [Physics and chemistry of glass]. 2013. Vol. 39, № 4. Pp. 611–617. (In Russian).
10. Potapov V.V., Serdan A.A., Kashpura V.N. et al. Poluchenie i svojstva nanokremne-zema na osnove gidrotermal'nogo rastvora [Preparation and properties of nanosilicon based on hydrothermal solution]. Himicheskaja tehnologija [Chemical technology]. 2017. № 2. P. 65–73. (In Russian).
11. Sobolev K., Ferrada Gutierrez M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. American Ceramic Society Bulletin. 2005; 10:14-19.
12. Flores-Vivian I., Pradoto R.G.K., Moini M., Kozhukhova M., Potapov V., Sobolev K. The effect of SiO₂ nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials. Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. P. 1–10.
13. Kramar L.Ya., Trofimov B.Ya., Mascot J.I.C., Ivanov F.M., Kolbasov V.M. Vlijanie dobavki mikro-kremnezema na gidrataciju alita i sul'fatostojkost' cementnogo kamnja [Effect of microsilica addition on hydration of alite and sulphate resistance of cement stone]. Cement. № 6. 1989, p. 14–17. (In Russian).
14. Li F.M. Himija cementa i betona [Chemistry of cement and concrete]. Moscow, SI, 1961, p. 645. (In Russian).
15. Kuntsevich V.O. et al. Struktura cementnogo kamnja s dobavkami superplastifikatora i mikro-kremnezema [Structure of the cement stone with addition of superplasticizer and silica fume]. Cement, No. 6. 1992, p. 30–35. (In Russian).
16. Stepanova V.F., Kaprielov S.S. et al. Vlijanie dobavok mikro-kremnezema na kor-rozionnuju stojkost' armaturnoj stali v betone [Influence of microsilica additives on corrosion resistance of reinforcing steel in concrete]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 1993, № 5, p. (In Russian).
17. Yang Cheng-Yu, Feldman R.F. Influence of silica fume on the microstructural development in cement mortar. Cement and concrete research. 1985. Vol. 15. No. 2, p. 3. 285–294.
18. Yasue T., Arai Ya. Additives to cement and concrete. Secco to sekkai, Japan, 1987, № 208, p. 165–173.
19. Nebesar B., Carette G.G. Variation in the chemical composition, specific surface area, fineness and pozzolanic activity of a condensed silica fume. Cement, concrete and aggregates. 1986. № 8, pp.42–45.
20. Research and application of chemical additives in concrete. Collection of scientific works / Under the editorship of V.G. Batrakov, V.R. Falikman-Moscow: NIIZHB of Gosstroy of the USSR 1989. 139 c. (In Russian).
21. Massazza F. Himija puccolanovykh dobavok i smeshannykh cementov (osnovnoj do-klad) [Chemistry of pozzolan additives and mixed cements (main report)]. Sixth ICC, separate issue. Moscow, 1974. 49 p. (In Russian).
22. Gorshkov B.C. and other et al. Metody Fiziko-himicheskogo analiza vjazhushhih veshhestv: Ucheb-noe posobie [Methods of Physical and chemical analysis of binders: Textbook]. Moscow: Higher school, 1981. 335 p. (In Russian).
23. Timashev V.V. Izbrannye trudy. Sintez i gidratacija vjazhushhih materialov [Selected works. Synthesis and hydration of binders]. Moscow, Science, 1986. 424 p. (370–377). (In Russian).
24. Butt Y.M., Timashev V.V., Grineva M.K., Bakshutov V.S. Issledovanie predela prochnosti pri deformacii rastjazhenija monokristallov rjada prirodnyh i sinteticheskikh gidrosilikatov kal'cija [Investigation of the tensile strength under deformation stretching of single crystals of a number of natural and synthetic of hydrosilicates of calcium]. In the book: Silicates. Moscow: Moscow chemical-technological Institute, 1971, pp. 234–237 (Collection of papers of MCHTI D.I. Mendeleev; issue 68). (In Russian).
25. Efimenko Y.V., Nekipelov I.N. Stihija. Stroitel'stvo. Bezopasnost': sbornik trudov konferencii. [Element. Construction. Safety: Proceedings of the conference]. Vladivostok, Dalnauka, 2008, 321 p. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 2-е. — М. — 1988. — С. 768.
2. Sellevold E.J., Nilsen T. Condensed silica fume in concrete: a world review. Chapter 3 (pp. 167–229) // Supplementary cementing materials for concrete (ed. by V.M. Malhotra). Ottawa (Canmet). 1987. p. 428.
3. Admixture for Concrete (Improvement of Properties) // Proc of the International Rilem Symposium (proc. № 5) (Barselona, May 14–17, 1990), — Chapman and Hall. — 1990. — 586 с. (Artiques J.C. (Испания) (p. 156–167, 229–241); Baronio G. (Италия) (p. 241–250); Svenkerud P.I. (Норвегия) (p. 347–360)).
4. Волженский А. В. и др. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства): учебник для вузов, 3-е издание. — М.: СИ, 1979. — 476 с.
5. Батраков В.Г., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. Эффективность применения ультрадисперсных отходов ферросплавного производства // Бетон и железобетон. — 1981. — № 8. — С. 24–25.
6. Трофимов Б.Я. и др. Использование отхода производства ферросилиция // Бетон и железобетон. — 198. — № 4. — С. 39–41.
7. Ефименко Ю.В., Кузнецова Л.А., Антропова В.А. Особенности влияния микрокремнезема на структуру мелкозернистого керамзитобетона литевой консистенции // Труды международной НПК «Наука и технология силикатных материалов — настоящее и будущее». — Москва. — 2003. — Т. 5. — С. 98–106.
8. Шейнфельд А.В. Особенности формирования иерархической микро-наноструктуры // Бетон и железобетон. — 2016. — № 2. — С. 16–21.
9. Потапов В.В., Туманов А.В., Закуражнов М.С. и др. Повышение прочности бетона за счет ввода наночастиц SiO_2 // Физика и химия стекла. — 2013. — Т. 39, № 4. — С. 611–617.
10. Потапов В.В., Сердан А.А., Кашпура В.Н. и др. Получение и свойства нанокремнезема на основе гидротермального раствора // Химическая технология. — 2017. — № 2. — С. 65–73.
11. Sobolev K., Ferrada Gutierrez M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. American Ceramic Society Bulletin. 2005.10:14-19.
12. Flores-Vivian I., Pradoto R.G.K, Moini M., Kozhukhova M., Potapov V., Sobolev K. The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials // Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. P. 1–10.
13. Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Талисман Л.С., Иванов Ф.М., Колбасов В.М. Влияние добавки микрокремнезема на гидратацию алита и сульфатостойкость цементного камня // Цемент. — 1989. — № 6. — С. 14–17.
14. Ли Ф.М. Химия цемента и бетона. — М.: СИ, 1961. — С. 645.
15. Кунцевич О.В. и др. Структура цементного камня с добавками суперпластификатора и микрокремнезема // Цемент. — 1992. — № 6. — С. 30–35.
16. Степанова В.Ф., Каприелов С.С. и др. Влияние добавок микрокремнезема на коррозионную стойкость арматурной стали в бетоне // Бетон и железобетон. — 1993. — № 5.
17. Yang Cheng-Yu, Feldman R.F. Influence of silica fume on the microstructural development in cement mortar. — Cement and concrete research. 1985. Vol. 15. No. 2, p. 3. 285–294.
18. Yasue T., Arai Ya. Additives to cement and concrete. Secco to sekkai, Japan, 1987, № 208, p. 165–173.
19. Nebesar B., Carrete G.G. Variation in the chemical composition, specific surface area, fineness and pozzolanic activity of a condensed silica fume. // Cement, concrete and aggregates. — 1986, № 8, pp. 42–45 (перевод ВЦП № Р-33589 от 21.11.88).
20. Исследование и применение химических добавок в бетонах. — Сборник научных трудов / Под ред. В.Г. Батракова, В.Р. Фаликманаю. — М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1989. — 139 с.
21. Массачца Ф. Химия пуццолановых добавок и смешанных цементов (основной доклад) // Шестой МКХЦ, отдельный выпуск. — М. — 1974. — 49 с.
22. Горшков В.С. и др. Методы Физико-химического анализа вяжущих веществ: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1981. — 335 с.
23. Тимашев В.В. Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. — М.: Наука, 1986. — 424 с. (370–377).
24. Бутт Ю.М., Тимашев В.В., Гринева М.К., Бакшутлов В.С. Исследование предела прочности при деформации растяжения монокристаллов ряда природных и синтетических гидросиликатов кальция // Силикаты. — М.: МХТИ, 1971. — Тр. МХТИ им. Д.И. Менделеева. — вып. 68. — С. 234–237.
25. Ефименко Ю.В., Некипелов И.Н. Стихия. Строительство. Безопасность: сборник трудов конференции. — Владивосток: ДальНаука, 2008. — 321 с. (с. 113–121).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Potapov Vadim Vladimirovich, Doctor of Engineering; Professor, Chief Researcher, Research Geotechnological Center of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, Leningradskaya street, 65, 19; vadim_p@inbox.ru;

Efimenko Yuriy Vasilyevich, PhD in Engineering, Head of the Center «Building Materials and Technologies», Far Eastern Research Institute of Construction, 690033, Russia, Vladivostok, Fountain street, 31/2, 31; efimenko_yu_v@mail.ru;

Gorev Denis Sergeevich, PhD in Engineering; Senior Researcher, Research Geotechnological Center of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, Larina street, 22/9, 10; denis.goreff2015@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Потапов Вадим Владимирович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский, Ленинградская, д. 65, кв. 19; vadim_p@inbox.ru;

Ефименко Юрий Васильевич, к.т.н., зам. руководителя Центра «Строительные материалы и технологии» ДальНИИС, Филиал «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству, 690033, Россия, Владивосток, ул. Фонтаная, д. 31/2, кв. 31; efimenko_yu_v@mail.ru;

Горев Денис Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН; 683042, Россия, Петропавловск-Камчатский, ул. Ларина, д. 22/9, кв. 10; denis.goreff2015@yandex.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: denis.goreff2015@yandex.ru

The Electronic Edition

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

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

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

Therefore the authors and the edition's readers are:

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

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

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

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

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

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

Distribution of the journal:

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

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

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

We hope for effective and mutual beneficial cooperation.

The editors of the electronic edition

«Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»



Электронное издание

«НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ»

NANOBUILD.RU

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

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

Поэтому авторами и читателями издания являются:

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

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

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

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

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

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

Распространение журнала:

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

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

По всем вопросам просим обращаться по e-mail: [info@ nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)

Надеемся на плодотворное и взаимовыгодное сотрудничество.

Редакция электронного издания

«Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»



DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446
UDC 678

Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters

Authors:

Aliya K. Mazitova,

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

Irina N. Vikhareva,

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

Guliya K. Aminova,

Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, aminovagk@inbox.ru;

Andrey A. Timofeev,

Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, tiandre@mail.ru;

Evgeniya A. Buylova,

Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, asunasf@mail.ru;

Ramil Sh. Distanov,

Senior lecturer, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, distanov_ramil1@mail.ru

Abstract: Polyvinylchloride (PVC) is the most frequently used polymer for obtaining a wide range of materials for various purposes. The main advantages of the polymer – excellent thermal and electrical insulation properties, high resistance to various aggressive substances, namely: acids, alkalis, various lubricants; lack of taste, smell; low water absorption (0.4–0.6%). The possibility to obtain PVC-plasticates with different characteristics is provided by the introduction of various additives, the bulk of which are plasticizers. Plasticizers based on adipic acid esters give a number of valuable properties to PVC-based compositions.

However, the use of plasticizers affects the resistance of compounds to the combustion, therefore, the substances which eliminate this disadvantage are added in the polymer composition.

This paper presents the results of a study of the effect of the composition of mixed plasticizers (symmetric and asymmetric adipates of aliphatic alcohols and phosphate of oxypropylated phenol) on the flammability of PVC composition.

Primarily symmetric adipate of cyclic aliphatic alcohols and asymmetric adipate of aliphatic alcohols containing cycloalkyl radical have been derived. Then phosphate of oxypropylated phenol has been synthesized. Physical and chemical properties of the synthesized compounds were studied. Mixtures of plasticizers on the basis of the symmetric adipate of cyclic aliphatic alcohols and asymmetric adipate of aliphatic alcohols containing cycloalkyl radical with varying amounts of phosphate of oxypropylated phenol have been composed. The results of tests of PVC compositions containing the obtained mixtures of plasticizers for flammability are presented. Combustibility parameters of cable plasticate samples with the use of developed plasticizers correspond to state standard 5960-72 with changes 3-9. The best results were achieved with the use of asymmetrical adipate of aliphatic alcohols containing cycloalkyl radical and 4% by weight phosphate of oxypropylated phenol. It is shown that small amounts of phosphate oxypropylated phenol are able to reduce flammability, further addition of this plasticizer leads to a deterioration in performance. The developed formulations of PVC plastics are recommended for use in the production of polyvinylchloride cable sheaths.

Keywords: adipate of aliphatic alcohols, combustibility, PVC compounds, plasticizers of polyvinylchloride, phosphate of oxypropylated phenol.

For citation: Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Buylova E.A., Distanov R.Sh. Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 437–446. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446.

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

`
Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 437–446. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Buylova E.A., Distanov R.Sh. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="vikhir@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">vikhir@yandex.ru.`

The paper has been received by editors: 27.05.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 22.06.2019.

The paper has been accepted for publication: 05.07.2019.

Исследование влияния количества добавок на свойства эфиров адипиновой кислоты

Авторы:

Мазитова Алия Карамовна,

профессор, зав. каф., ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, elenaasf@yandex.ru;

Вихарева Ирина Николаевна,

ассистент каф., ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, vikhir@yandex.ru;

Аминова Гулия Карамовна,

профессор каф., ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, aminovagk@inbox.ru;

Тимофеев Андрей Алексеевич,

доцент каф., ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, tiandre@mail.ru;

Буйлова Евгения Андреевна,

доцент каф., ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, evg-builova@yandex.ru;

Дистанов Рамиль Шамильевич,

старший преподаватель кафедры «Прикладные и естественнонаучные дисциплины»,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Республика Башкортостан, distanov_ramil1@mail.ru

Резюме: Поливинилхлорид (ПВХ) является наиболее часто используемым полимером для получения широкого ассортимента материалов различного назначения. Основные достоинства полимера – отличные тепло- и электроизоляционные свойства, высокая устойчивость к действию различных агрессивных веществ, а именно кислот, щелочей, различных смазок; отсутствие вкуса, запаха; низкое водопоглощение (0,4–0,6%). Возможность получить ПВХ-пластики с различными характеристиками обеспечивается внесением различных добавок, основную часть которых составляют пластификаторы. Пластификаторы на основе эфиров адипиновой кислоты придают ряд ценных свойств композициям на основе ПВХ.

Однако использование пластификаторов ухудшает стойкость пластиков к горению, поэтому в полимерные композиции добавляют вещества, которые позволяют устранить этот недостаток.

В данной работе приведены результаты исследования влияния состава смешанных пластификаторов (симметричных и несимметричных адипинов алкилэфиров и фосфата оксипропилированного фенола) на горючесть ПВХ-композиции.

В первую очередь, получены симметричные адипинаты циклических алифатических спиртов и несимметричные адипинаты алифатических спиртов, содержащие циклоалкильный радикал. Затем синтезирован фосфат оксипропилированного

фенола. Изучены физико-химические свойства синтезированных соединений. Составлены смеси пластификаторов на основе симметричных адипинатов циклических алифатических спиртов и несимметричных адипинатов алифатических спиртов, содержащих циклоалкильный радикал, с различными количествами фосфата оксипропилированного фенола. Представлены результаты испытаний ПВХ-композиций, содержащих полученные смеси пластификаторов, на горючесть. Показатели горючести образцов кабельного пластика с применением разработанных пластификаторов соответствуют ГОСТ 5960-72 с изм. 3-9. Наилучшие результаты были достигнуты с применением несимметричных адипинатов алифатических спиртов, содержащих циклоалкильный радикал, и 4% масс. фосфата оксипропилированного фенола. Показано, что именно небольшие количества фосфата оксипропилированного фенола способны обеспечить снижение горючести, дальнейшее добавление данного пластификатора приводит к ухудшению показателей. Разработанные рецептуры ПВХ-пластиков рекомендуются для использования при получении поливинилхлоридных оболочек кабелей.

Ключевые слова: адипинат алифатических спиртов, горючесть, пластикат, пластификаторы поливинилхлорида, фосфат оксипропилированного фенола.

Для цитирования: 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. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446.

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

Investigation of the effect of the amount of additives on the properties of adipic acid esters by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 437–446. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-437-446" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Mazitova A.K., Vikhareva I.N., Aminova G.K., Timofeev A.A., Buylova E.A., Distanov R.Sh. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:vikhir@yandex.ru" rel="cc:morePermissions">vikhir@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию: 27.05.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 22.06.2019.

Статья принята к публикации: 05.07.2019.

INTRODUCTION

Polyvinylchloride contains up to 56% chlorine, so it is not combustible in pure form. However, with the addition of plasticizers the combustibility of materials based on it increases, a dramatic change is observed when the content of additives is more than 25% [1–6].

It is known from the researches that low combustibility indices of polymeric materials are given by phosphorus-containing compounds [7–13]. The most effective flame retardants are triarylphosphates. However, phosphorus-containing plasticizers are not widely used, as they adversely affect a number of physical and mechanical properties of the compositions: low-temperature flexibility, volatility, thermal stability and color stability; use of them also complicates the technology of processing of polymeric materials [14–17].

Adipic acid esters don't possess these disadvantages, they also give PVC materials stability at low temperatures,

resistance to UV light, high resistance to migration to gasoline and oil [18–22].

Therefore, we have studied mixed plasticizers based on adipic acid esters with the addition of small amounts of aryl-containing phosphates.

MAIN PART

Experimental part

We have conducted research on the preparation of a mixture of adipate of aliphatic alcohols and small amount of phenoxypropylated phosphate with low flammability PVC compounds.

This paper describes methods for the synthesis, physico-chemical properties of symmetrical and asymmetrical adipate of aliphatic alcohols and phenoxypropylated phosphate, results of their testing as cable tracks.

The method of obtaining symmetrical adipate of cyclic aliphatic alcohols

The production of symmetrical adipate is carried out in the presence of concentrated sulfuric acid (catalyst) in a solution of azeotrope water-pickup toluene, at reflux of the latter. The molar ratio taken for the reaction of alcohols and adipic acid is 2.2:1. The reaction is controlled by the amount of produced water, and acid number of ester. After cooling, the reaction mass is washed sequentially from the catalyst with a 5% solution of alkali and water to a neutral reaction. The resulting esters are dried over freshly calcined sodium sulfate and the solvent is distilled under vacuum. The yield of target products is 96–98%.

The method of obtaining asymmetric adipate of cyclic and acyclic aliphatic alcohols

Asymmetric esters of adipic acid are obtained in two stages. At the first stage, under the conditions described above at the molar ratio acid: alcohol = 1:1, monoesters of acyclic alcohols are synthesized. Further, they are isolated with the use of 10% solution of sodium hydroxide with subsequent treatment with hydrochloric acid. At the second stage, the obtained monoesters under the same conditions react with cyclohexylcarbinol at the molar ratio acid: alcohol = 1:1,2. The outcome of asymmetric esters is not less than 96%.

Physical and chemical parameters of the synthesized esters of adipic acid are shown in table 1.

The table shows that the structure of alcohol radicals in the obtained esters significantly affects the low-temperature properties of esters. The replacement of two acyclic alkyl radical in the cyclic structure results is likely to receive more rigid and less flexible molecules. Replacement of alkyl groups of normal structure by branched allows obtaining adipic acid esters with a pour point below -60°C .

Phosphate of oxypropylated phenol was obtained in two stages. At first stage, oxypropylated phenol was syn-

thesized. Then by means of esterification of it with adipic acid the final product was obtained.

Methods of phenol oxypropylating

94.0 g (1 mol) of phenol and 1.6 g (1.0 % by weight of the total load) of sodium hydroxide catalyst are loaded in the reactor equipped with a stirrer, refrigerator, thermometer, lowered into the liquid, and a drop funnel. Mixing and heating of the flask is launched and remove air by nitrogen blowing. Upon reaching the desired temperature, 58.0 g (1 mol) of propylene oxide is gradually introduced from the drop funnel. After stopping the feed, the reaction mixture is stirred for 1.5 hours without changing the temperature, then it is cooled. To remove the catalyst, the mixture is neutralized with the calculated amount of sulfuric acid and filtered. After drying with anhydrous sodium sulfate it is distilled under vacuum. Outcome is 1-phenoxy-2-propanol 147.1 g (96.8%), $d_{04}^2 = 1,063 \text{ g/ml}$, $n_D^{20} = 1,525$, m.w. 152, the degree of oxypropylating – 1.

Method of esterification of phosphoric acid

456 g (3.1 mol) of 1-phenoxy-2-propanol is added to a mixture of 153.3 g (1.0 mol) phosphorus oxychloride and 1.0 g (0.01 mol) anhydrous magnesium chloride, heated to 45°C for three hours. The reaction mixture is stirred and heated to $80^{\circ}\text{C}/30 \text{ mm Hg}$ within eight hours. 25 g (0.27 mol) of epichlorohydrin was added to the reaction mixture and further heating at 80°C lasted for another 3 hours. The resulting mixture is alternately washed with 1% sodium carbonate solution and water. Filtration is performed after drying at 90°C and 130 mm Hg. The outcome of phosphate of oxypropylated phenol is 485.0 g (97%), acid number is 0.07 mg KOH/g, ester number is 336 mg KOH/g, m. w. 500.

In order to study the obtained plasticizers for flammability, their mixtures were composed on the basis of the obtained esters of adipic acid with the addition of various amounts of phosphate of oxypropylated phenol.

Table 1
Physical and chemical properties of adipic acid esters ($\text{ROCO}(\text{CH}_2)_4\text{COOR}^1$)

No ester	R	R ¹	Boiling point at 12 mm Hg, °C	Acid number, mg KOH/g	Ester number, mg KOH/g	d_{04}^{20}	n_D^{20}	Pour point, °C
1	$n\text{-C}_6\text{H}_{13}$	Cyclo- $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_2$	210–235	0.08	344	1.4592	0.9734	–47
2	Cyclo- $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_2$	Cyclo- $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_2$	257–260	0.08	328	1.4759	1.0202	+1
3	2-ethylhexyl	Cyclo- $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{CH}_2$	245–255	0.08	310	1.4586	0.9568	–60

Table 2

Indicators of flammability for mixtures of plasticizers (sec)

№ ester	Phosphate of oxypropylated phenol, % weight.			
	0	2	4	6
1	28.7	28.2	25.5	26.1
2	29.0	28.7	26.5	27.0
3	28.0	27.7	25.0	25.9

Discussion of results

To determine the effectiveness of the developed mixtures of plasticizers, the change in the combustibility of PVC-plastic cable samples from the amount of phosphate of oxypropylated phenol was studied.

Tests of plasticizers in the formulation of cable plasticate brand O-40 composition OM-40

To obtain cable plastics, a suspension for mixing plasticizers and stabilizers was initially prepared at speed of 8000 rpm. Further, PVC composition was prepared in a rotary mixer at 120°C and 70 rpm for 30 minutes. Samples of plastic were expanded at 145–150°C for 7–10 min.

Tests of finished samples of cable plastics were carried out in accordance with state standard 5960-72 with changes 3-9 «PVC Elastron for isolation and protective environments of wires and cables». The test results are shown in table 2.

The results show that the flammability of the samples depends on the structure of the alcohol radical in the adipate molecule and on the content of phosphates in the mixture of plasticizers.

The results given in table 2 show that the samples of asymmetric ester of adipic acid with a content of 4% by weight of phosphate oxypropylated phenol in terms

of flammability provide lower values than commercially available (according to state standard 5960-72 with changes 3-9 for cable plastic compound of the O-40 brand the norm makes no more than 30 sec). An increase in the amount of phosphate of oxypropylated phenol leads to a deterioration in the flammability of plastics obtained with this mixture of plasticizers. Namely small quantities of additives to achieve optimal results – maintaining good compatibility adipate with PVC and improved physico-mechanical properties of PVC compounds based on them, as well as giving a new quality, reducing flammability.

SUMMARY

Thus, the studies show:

- asymmetric esters of adipic acid and aliphatic alcohols, which are composed of one cycloalkyl radical, characterized by the best solidification temperature;
- samples of PVC compositions based on mixed plasticizers containing asymmetric esters of adipic acid and phosphate of oxypropylated phenol have a low flammability value;
- for maximum reduction values of flammability it is necessary to use small quantities of phenoxypropylated phosphate (less than 4%).

ВВЕДЕНИЕ

Поливинилхлорид содержит до 56% хлора, поэтому в чистом виде не горюч. Однако при добавлении пластификаторов горючесть материалов на его основе увеличивается, резкое изменение наблюдается при содержании добавок более чем 25% [1–6].

Из литературных данных известно, что низкие показатели горючести полимерным материалам придают фосфорсодержащие соединения [7–13]. Наиболее эффективными антипиренами являются триарилфосфаты. Однако фосфорсодержащие пластификаторы не находят широкого применения, так как негативно влияют на ряд физико-механических свойств композиций: низкотемпературную гибкость, летучесть, термическую стабильность и цветостабильность; также их применение усложняет технологию переработки полимерных материалов [14–17].

Этими недостатками не обладают сложные эфиры адипиновой кислоты, которые к тому же ещё придают ПВХ-материалам стабильность при низких температурах, устойчивость под действием УФ света, высокую устойчивость к миграции в бензин и масла [18–22].

Поэтому нами были исследованы смешанные пластификаторы на основе эфиров адипиновой кислоты с добавлением небольших количеств арилсодержащих фосфатов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальная часть

Нами были проведены исследования по получению смеси адипинатов алифатических спиртов и малых количеств феноксипропилированного фос-

фата, обладающей низкими значениями горючести ПВХ-пластиков.

В данной работе приводятся методы синтеза, физико-химические свойства симметричных и несимметричных адипинатов алифатических спиртов и феноксипропилированного фосфата, результаты их испытаний в качестве кабельных композиций.

Методика получения симметричных адипинатов циклических алифатических спиртов

Получение симметричных адипинатов осуществляют в присутствии концентрированной серной кислоты (катализатор) в растворе азетропного водовыносителя толуола, при кипении последнего. Молярное соотношение взятых для реакции спиртов и адипиновой кислоты составляет 2,2:1. Протекание реакции контролируют по количеству выделившейся воды и кислотному числу этерификата. После охлаждения реакционную массу промывают последовательно от катализатора 5%-ным раствором щелочи и водой до нейтральной реакции. Полученные сложные эфиры сушат над свежепрокаленным сульфатом натрия и отгоняют растворитель под вакуумом. Выход целевых продуктов составляет 96–98%.

Методика получения несимметричных адипинатов циклических и ациклических алифатических спиртов

Несимметричные эфиры адипиновой кислоты получают в две стадии. На первой стадии в условиях, описанных выше при молярном соотношении кислота : спирт = 1:1, синтезируют моноэфиры ациклических спиртов. Далее их выделяют с помощью 10%-ного раствора гидроксида натрия с последующей обработкой соляной кислотой. На второй стадии полученные моноэфиры в тех же условиях этерифицируют циклогексилкарбинолом при молярном соотношении кислота : спирт = 1:1,2. Выход несимметричных эфиров не менее 96%.

Таблица 1

Физико-химические свойства эфиров адипиновой кислоты ($\text{ROCO}(\text{CH}_2)_4\text{COOR}^1$)

№ эфира	R	R ¹	Температура кипения при 12 мм.рт.ст., °C	К.ч., мг КОН/г	Э.ч., мг КОН/г	d ₄ ²⁰	n _D ²⁰	Температура застывания, °C
1	n-C ₆ H ₁₃	Цикло-C ₆ H ₁₁ CH ₂	210–235	0,08	344	1,4592	0,9734	–47
2	Цикло-C ₆ H ₁₁ CH ₂	Цикло-C ₆ H ₁₁ CH ₂	257–260	0,08	328	1,4759	1,0202	+1
3	2-этилгексил	Цикло-C ₆ H ₁₁ CH ₂	245–255	0,08	310	1,4586	0,9568	–60

Физико-химические показатели синтезированных эфиров адипиновой кислоты приведены в табл. 1.

Из табл. видно, что структура спиртовых радикалов в полученных эфирах существенным образом влияет на низкотемпературные свойства сложных эфиров. Замена двух ациклических алкильных радикалов на циклические структуры приводит, вероятно, к получению более жестких и менее гибких молекул. Замена алкильных групп нормального строения на разветвленные позволяет получить эфиры адипиновой кислоты с температурой застывания ниже -60°C .

Фосфат оксипропилированного фенола получали в два этапа. В первую очередь синтезировали оксипропилированный фенол. Затем этерификацией его с адипиновой кислотой получали конечный продукт.

Методика оксипропилирования фенола

В реактор, снабженный мешалкой, холодильником, термометром, опущенным в жидкость, и капельной воронкой загружают 94,0 г (1 моль) фенола и катализатор гидроксид натрия в количестве 1,6 г (1,0% масс. от общей загрузки). Включают перемешивание и обогрев колбы, продувают азотом для удаления воздуха. По достижении заданной температуры из капельной воронки постепенно вводят 58,0 г (1 моль) оксида пропилена. После прекращения подачи реакционную смесь перемешивают в течение 1,5 часа без изменения температуры, затем охлаждают. Для удаления катализатора смесь нейтрализуют расчетным количеством серной кислоты и фильтруют. После осушения безводным сульфатом натрия перегоняют под вакуумом. Выход 1-фенокси-2-пропанола 147,1 г (96,8%), $d_{4}^{20} = 1,063$ г/мл, $n_{\text{D}}^{20} = 1,525$, мол. масса 152, степень оксипропилирования — 1.

Методика этерификации фосфорной кислоты

К смеси 153,3 г (1,0 моль) оксихлорида фосфора и 1,0 г (0,01 моль) безводного хлорида магния, нагретой до 45°C , добавляют в течение трех часов 456 г

(3,1 моль) 1-фенокси-2-пропанола. Реакционную смесь перемешивают и нагревают до $80^{\circ}\text{C}/30$ мм рт. ст. в течение восьми часов. К реакционной смеси добавляют 25 г (0,27 моль) эпихлоргидрина и продолжают нагрев при температуре 80°C еще 3 часа. Полученную смесь поочередно промывают 1% раствором карбоната натрия и водой. После осушения при 90°C и 130 мм рт. ст. фильтруют. Выход фосфата оксипропилированного фенола — 485,0 г (97%), кислотное число — 0,07 мг КОН/г, эфирное число — 336 мг КОН/г, мол. масса — 500.

С целью исследования полученных пластификаторов на горючесть были составлены их смеси на основе полученных эфиров адипиновой кислоты с добавлением различных количеств фосфата оксипропилированного фенола.

Обсуждение результатов

Для определения эффективности разработанных смесей пластификаторов было исследовано изменение показателей горючести образцов кабельных ПВХ-пластиков от количества фосфата оксипропилированного фенола.

Испытания пластификаторов в рецептуре кабельного пластика марки О-40 рец. ОМ-40

Для получения кабельных пластиков первоначально при скорости мешалки 8000 об/мин готовили суспензию для смешивания пластификаторов и стабилизаторов. Далее в роторном смесителе при 120°C и 70 об/мин в течение 30 мин готовили ПВХ-композицию. Полученные образцы пластика вальцевали при $145-150^{\circ}\text{C}$ в течение 7–10 мин.

Испытания готовых образцов кабельных пластиков проводили по ГОСТ 5960-72 с изм. 3-9 «Пластика поливинилхлоридный для изоляции и защитных оболочек проводов и кабелей». Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Из полученных результатов видно, что горючесть исследованных образцов зависит как от строения

Таблица 2

Показатели горючести смесей пластификаторов (с)

№ эфира	Фосфат оксипропилированного фенола, % масс.			
	0	2	4	6
1	28,7	28,2	25,5	26,1
2	29,0	28,7	26,5	27,0
3	28,0	27,7	25,0	25,9

спиртового радикала в молекуле адипинатов, так и от содержания фосфатов в смеси пластификаторов.

Приведенные в табл. 2 результаты показывают, что образцы несимметричного эфира адипиновой кислоты с содержанием 4% масс. фосфата оксипропилированного фенола по показателям горючести обеспечивают более низкие значения, чем серийно выпускаемые (норма по ГОСТ 5960-72 с изм. 3-9 для кабельного пластика марки О-40 составляет не более 30 с). Увеличение количества фосфата оксипропилированного фенола приводит к ухудшению показателей горючести пластификатов, полученных с данной смесью пластификаторов. Именно малые количества добавки позволяют достичь оптимального результата — сохранение хорошей совместимости адипинатов с ПВХ и улучшенных физико-механических свойств пластификатов на их основе, а также придание нового качества, снижение горючести.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные исследования показывают:

- несимметричные эфиры адипиновой кислоты и алифатических спиртов, имеющие в составе один циклоалкильный радикал, характеризуются наилучшими показателями температуры застывания;
- образцы ПВХ-композиций на основе смешанных пластификаторов, содержащих несимметричные эфиры адипиновой кислоты и фосфата оксипропилированного фенола обладают низким значением горючести;
- для максимального снижения значений горючести необходимо использование малых количеств феноксипропилированного фосфата (менее 4%).

REFERENCES

1. Fedorenko N.P., Universalnyi plastik (Polivinilkhlorid) [Universal plastic (Polyvinylchloride)]. Moscow. Science, 1966. 119 p. (In Russian).
2. Maskova A.R., Aminova G.K., Rolnik L.Z., Faizullina G.F., Mazitova A.K. Oxyalkylated alcohols phthalates. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 1, pp. 52–71. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-52-71.
3. Mazitova A.K., Aminova G.K., Maskova A.R., Sabitov I.N., Nedoseko I.V. New polyvinylchloride plasticizers. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2017, Vol. 9, no. 6, pp. 168–180. DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-6-168-180.
4. Mazitova A.K., Aminova G.K., Maskova A.R., Yagafarova G.G., Mazitov R.M. New plasticizers for PVC-compositions in construction. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2017, Vol. 9, no. 4, pp. 48–63. DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-4-48-63.
5. Mazitova A.K., Stepanova L.B., Aminova G.F., Maskova A.R. Razrabotka funktsional'nykh dobavok dlya polivinilkhloridnykh kompozitsiy stroitel'nogo naznachenija [Development of functional additives for polyvinylchloride compositions for construction purposes]. Promyshlennoe proizvodstvo i ispol'zovanie elastomerov [Industrial production and use of elastomers]. 2015. no. 2, pp. 27–31. (In Russian).
6. Mazitova A.K., Aminova G.K., Nafikova R.F., Deberdeev R.Ja. Osnovnye polivinilkhloridnye kompozitsii stroitel'nogo naznachenija [Main polyvinylchloride compositions for building purposes]. Ufa, 2013. 130 p. (In Russian).
7. Sapaev H.H., Musov I. V., Hashirova S. Yu., Bashorov M. T., Shogenov V.N., Kushkhov H.B., Mikitaev A.K., Zaikov G.E. Izuchenie vliyaniya razlichnykh plastifikatorov na svoystva polivinilkhloridnogo plastikata [Study of the influence of various plasticizers on the properties of polyvinylchloride plasticate]. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Technological University]. 2015. Tom 18, № 9, pp. 102–105. (In Russian).
8. Khalturinsky N.A., Berlin A.A., Popova T.V. Gorenje polimerov i mekhanizmy dejstviya antipirenov [The burning of polymers and the mechanisms of action of flame retardant substances]. Uspekhi khimii [Chemical success]. 1984. Vol. 53, № 2, pp. 326. (In Russian).
9. Moisa Iu. N. Plast. massy [Plastic]. 1978. no. 9, pp. 33–35. (In Russian).
10. Ottmar L. Kunststoffe. 1971, Bd. 61, no. 1, pp. 40–46.
11. Tashiro M. Polymer Appl. 1971, Vol. 20, no. 5, pp. 273–278.
12. Troitskii I.D. Polivinilkhloridnye plastikaty i ikh primenenie v kabelnoi tekhnike i ikh primenenie v kabelnoi tekhnike [Polyvinylchloride plasticates and their application in cable engineering and their application in cable engineering]. Moscow. Energy, 1978. 152 p. (In Russian).
13. Musov I.V., Vindizheva A.S., Sapaev H.H., Hashirova S.Yu., Ligidov M.H., Mikitaev A.K. Razrabotka ognestojkogo polivinilkhloridnogo plastikata [Development of fire-resistant polyvinylchloride plasticate]. Plasticheskie massy [Plastic masses]. 2011. № 10, pp. 34–36. (In Russian).
14. Musov I.V., Vindizheva A.S., Hashirova S.Yu., Sapaev H.H., Mikitaev A.K. Polivinilkhloridnyy plastikat s povyshennoy ognestojkost'yu [Polyvinylchloride plasticate with high fire resistance]. Naukoemkie tekhnologii [High technology]. 2012. № 1, pp. 27–30. (In Russian).

15. Berlin A.A., Vol'fson S.A., Oshmyan V.G., Enikolopyan N.S. Principy sozdaniya kompozicionnykh materialov [Principles of creation of composite materials]. Moscow. Chemistry, 1990. 240 p. (In Russian).
16. Mazitova A.K., Maskova A.R., Nafikova R.F., Aminova G.K. Ispol'zovanie dobavok pri poluchenii kabel'nykh plastikato [The use of additives in the production of cable plastics]. Bashkirskij himicheskij zhurnal [Bashkir chemical journal]. 2017. Tom 24, № 3, pp. 50–53. (In Russian).
17. Rukovodstvo po razrabotke kompozitsij na osnove PVH [Guidelines for the development of compositions based on PVC] / Pod red. Grossmana R.F. [Under the General editorship of R.F. Grossmana]. Saint-Petersburg. Scientific basis and technologies, 2009. 608 p. (In Russian).
18. Sheryshev M.A., Tihonov N.N. Proizvodstvo profil'nykh izdelij iz PVH [Production of profile products from PVC]. Saint-Petersburg. Scientific basis and technologies, 2012. 614 p. (In Russian).
19. Mazitova A.K., Nafikova R.F., Aminova G.K. Plastifikatory polivinilhlorda [Plasticizers of polyvinylchloride]. Nauka i jepoha: monografija. Pod obshhej redakciej professora O.I. Kirikova [Science and epoch: monograph. Under the General editorship of Professor O. I. Kirikova]. Moscow; Voronezh, 2011. pp. 277–297. (In Russian).
20. Uilki Ch., Sammers J., Daniels Ch. Polivinilhlord [Polyvinylchloride]. Saint-Petersburg. Profession, 2007. 728 p. (In Russian).
21. Barshteyn R.S., Kirilovich V.I., Nosovskiy Y.E. Plastifikatory dlja polimerov [Plasticizers for polymers]. Moscow. Chemistry, 1982. 196 p. (In Russian).
22. Tinius K. Plastifikatory [Plasticizers]. Moscow. Chemistry, 1964. 915 p. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоренко Н.П. Универсальный пластик (Поливинилхлорид). — М.: Наука, 1966. — 119 с.
2. Маскова А.Р., Аминова Г.К., Рольник Л.З., Файзуллина Г.Ф., Мазитова А.К. Фталаты окислалкирированных спиртов // Нанотехнологии в строительстве. — 2019. — Том 11, № 1. — С. 52–71. — DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-52-71.
3. 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.
4. 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.
5. Мазитова А.К., Степанова Л.Б., Аминова Г.Ф., Маскова А.Р. Разработка функциональных добавок для поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Промышленное производство и использование эластомеров. — 2015. — № 2. — С. 27–31.
6. Мазитова А.К., Аминова Г.К., Нафикова Р.Ф., Дебердеев Р.Я. Основные поливинилхлоридные композиции строительного назначения. — Уфа, 2013. — 130 с.
7. Сапаев Х.Х., Мусов И.В., Хаширова С.Ю., Башоров М.Т., Шогенов В.Н., Кушхов Х.Б., Микитаев А.К., Заиков Г.Е. Изучение влияния различных пластификаторов на свойства поливинилхлоридного пластика // Вестник технологического университета. — 2015. — Том 18, № 9. — С. 102–105.
8. Халтуринский Н.А., Берлин А.А., Попова Т.В. Горение полимеров и механизмы действия антипиренов // Успехи химии. — 1984. — Т. 53, № 2. — С. 326.
9. Мойса Ю.Н. и др. // Пласт. массы. — 1978. — № 9. — С. 33–35.
10. Ottmar L. // Kunststoffe. — 1971. — Bd. 61, № 1. — P. 40–46.
11. Tashiro M. // Polymer Appl. — 1971. — Vol. 20, № 5. — P. 273–278.
12. Троицкий И.Д. Поливинилхлоридные пластикаты и их применение в кабельной технике и их применение в кабельной технике. — М.: Энергия, 1978. — 152 с.
13. Мусов И.В., Виндижева А.С., Сапаев Х.Х., Хаширова С.Ю., Лигидов М.Х., Микитаев А.К. Разработка огнестойкого поливинилхлоридного пластика // Пластические массы. — 2011. — № 10. — С. 34–36.
14. Мусов И.В., Виндижева А.С., Хаширова С.Ю., Сапаев Х.Х., Микитаев А.К. Поливинилхлоридный пластикат с повышенной огнестойкостью // Научные технологии. — 2012. — № 1. — С. 27–30.
15. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ошмян В.Г., Ениколопан Н.С. Принципы создания композиционных материалов. — М.: Химия, 1990. — 240 с.
16. Мазитова А.К., Маскова А.Р., Нафикова Р.Ф., Аминова Г.К. Использование добавок при получении кабельных пластикатов // Башкирский химический журнал. — 2017. — Том 24, № 3. — С. 50–53.
17. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ / Под ред. Гроссмана Р.Ф. Пер. с англ. под ред. Гузеева В.В. — СПб.: Научные основы и технологии, 2009. — 608 с.
18. Шерышев М.А., Тихонов Н.Н. Производство профильных изделий из ПВХ. — СПб.: Научные основы и технологии, 2012. — 614 с.
19. 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.
20. Уилки Ч., Саммерс Дж., Даниелс Ч. Поливинилхлорид. — СПб.: Профессия, 2007. — 728 с.
21. Барштейн Р.С., Кирилович В.И., Носовский Ю.Е. Пластификаторы для полимеров. — М.: Химия, 1982. — 196 с.
22. Тиниус К. Пластификаторы. — М.: Химия, 1964. — 915 с.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aliya K. Mazitova, Doctor of Chemistry, Professor, Head of Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; elenaasf@yandex.ru;

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

Guliya K. Aminova, Doctor of Engineering, Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; aminovagk@inbox.ru;

Andrey A. Timofeev, Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; tiandre@mail.ru;

Evgeniya A. Buylova, PhD in Chemistry, Associate Professor, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; asunasf@mail.ru;

Ramil Sh. Distanov, PhD in Engineering, Senior lecturer, Applied and Natural Sciences Department, Ufa State Petroleum Technological University; Mendeleev St., 195, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, 450080; distanov_ramil1@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мазитова Алия Карамовна, д.х.н., проф., зав. каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; elenaasf@yandex.ru;

Вихарева Ирина Николаевна, ассистент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; vikhir@yandex.ru;

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

Тимощев Андрей Алексеевич, доцент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; tiandre@mail.ru;

Буйлова Евгения Андреевна, к.х.н., доцент каф. «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450080; evg-builova@yandex.ru;

Дистанов Рамиль Шамильевич, к.т.н., старший преподаватель кафедры «Прикладные и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; ул. Менделеева, 195, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450080; distanov_ramil1@mail.ru

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-447-457

UDC 608:69.001.5

The inventions in nanotechnologies as practical solutions.

Part IV

Authors:

Leonid A. Ivanov.

Vice President, the International Academy of Engineering, Moscow, Russian Federation,
L.a.ivanov@mail.ru;

Petr S. Prokopiev.

Student, Financial University Under the Government of the Russian Federation, International Economic Relations Faculty,
e-mail: prokopiev2012@gmail.com

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 «Carbon ceramic fiber-reinforced composite material and method for its production» refers to a class of carbon-based composite materials of heat-shielding, structural, chemical-resistant purposes, can be used under static and dynamic loads when heated to 2000°C in an oxidizing environment (aerospace engineering, construction facilities for special purposes, high-temperature electrothermal equipment, equipment for nuclear reactors, etc.). The technical result of the invention is the strength of the composite increased up to 40% in terms of flexural strength and twice in terms of compressive strength.

The specialists can also be interested in the following inventions in the area of nanotechnologies: building construction elements; a method for synthesizing a composite carbon material with metal nanoparticles with transferring a part of their electron density to a carbon matrix; a method of manufacturing marker of fuel and lubricants; wastewater treatment system with nano-modified natural sorbents; nanocrystal, hydrosol of nanocrystalline cellulose and method for producing it; a method for producing membranes for ultrafiltration of aqueous media; a method of obtaining transparent ceramics of yttrium-aluminum garnet; method and device for atomic emission spectral analysis of nanoobjects, etc.

Keywords: nanotechnologies in construction, nanoparticles, nanomodified sorbents, nanocrystal, nanoobjects, carbon nanotubes, nanostructures.

For citation: Ivanov LA., 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.

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

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> > ![Creative Commons License](https://i.creativecommons.org/l/by/4.0/88x31.png) < /a> < br /> < span xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://purl.org/dc/dcmitype/Text" property="dct:title" rel="dct:type">The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part IV< /span> by < a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:ivanov@nanobuild.ru" rel="cc:attributionURL">Ivanov L.A., Prokoviev P.S. < /a> is licensed under a < a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License< /a> .< br /> Based on a work at < a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/< /a> .< br /> Permissions beyond the scope of this license may be available at < a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:L.a.ivanov@mail.ru" rel="cc:morePermissions">L.a.ivanov@mail.ru< /a> .

The paper has been received by editors: 28.06.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 19.07.2019.

The paper has been accepted for publication: 02.08.2019.

**Изобретения в области нанотехнологий,
направленные на решение практических задач.
Часть IV**

Авторы:

Иванов Леонид Алексеевич,

вице-президент, Международная инженерная академия,
г. Москва, Россия, L.a.ivanov@mail.ru

Прокопьев Пётр Сергеевич,

студент факультета международных экономических отношений Финансового университета
при Правительстве Российской Федерации, prokopiev2012@gmail.com

Резюме: В реферативной форме проводится обзор изобретений, результаты творческой деятельности ученых, инженеров и специалистов, в т.ч. и изобретения, которые в области нанотехнологий и наноматериалов позволяют в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, смежных отраслях экономики добиться значительного эффекта. Например, изобретение «Углеродкерамический волокнисто-армированный композиционный материал и способ его получения» относится к классу композиционных материалов на основе углерода теплозащитного, конструкционного, химостойкого и назначений, подлежащих эксплуатации в условиях статических и динамических нагрузок при нагреве до 2000°C в окислительной среде (авиакосмическая техника, строительство объектов специального назначения, высокотемпературное электротермическое оборудование, комплектация атомных реакторов и т.п.). Технический результат изобретения – увеличение прочности композита до 40% по показателю прочности при изгибе и в два раза по показателю прочности при сжатии.

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий: строительный конструкционный элемент; способ синтеза композитного углеродного материала с наночастицами металла с переносом части их электронной плотности в углеродную матрицу; способ изготовления маркёра горючесмазочных материалов; система очистки сточных вод с использованием наномодифицированных природных сорбентов; нанокристалл, гидрозоль нанокристаллической целлюлозы и способ его получения; способ получения мембран для ультрафильтрации водных сред; способ получения прозрачной керамики иттрий-алюминиевого граната; способ и устройство атомно-эмиссионного спектрального анализа нанообъектов и др.

Ключевые слова: нанотехнологии в строительстве, наночастицы, наномодифицированные сорбенты, нанокристалл, нанобъекты, углеродные нанотрубки, наноструктуры.

Для цитирования: 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.

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

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>
The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part IV<a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License
<Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/
<Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:L.a.iivanov@mail.ru" rel="cc:morePermissions">L.a.iivanov@mail.ru.</p></div>

Статья поступила в редакцию: 28.06.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 19.07.2019.

Статья принята к публикации: 02.08.2019.

INTRODUCTION

The practical application of the results achieved by scientists, engineers and specialists can become efficient tool to increase number of import-substituting goods and to rise labor productivity. An invention is known to be a new, with distinctive characteristics technical solution with proved efficiency (new technologies, structures or new substances). The paper reviews the essence, technical result and practical value of some inventions concerning nanotechnologies.

MAIN PART

Carbon ceramic fiber-reinforced composite material and method for its production (RU 2684538 C1)

The invention relates to a class of carbon-based composite materials for heat-shielding, structural, chemical-resistant purposes to be operated under static and dynamic loads when heated to 2000°C in an oxidizing environment (aerospace engineering, construction of special-purpose facilities, high-temperature electrothermal equipment, atomic reactor equipment and etc.), as well as to methods for their preparation [1]. The technical result of the invention is strength of the composite increased up to 40% in terms of flexural strength and twice in terms of compressive strength.

The carbon ceramic composite material includes a ceramic matrix reinforced with carbon fiber material. The matrix ceramic material is additionally reinforced with carbon nanotubes and additionally contains nanostructured carbide-silicon interphase at the interface between the nanostructured matrix and the reinforcing carbon-fiber filler in the following ratio of components, wt. %: carbon nanotubes 0.3–1.0, carbon fiber materials 15–25, nanostructured carbide silicon interphase 2–4, silicon carbide – the rest. The carbon fiber filler is impregnated with a mixture of non-coking and coking forming oligomeric resins, placed between the transport and separation polyethylene films and subjected to ionizing radiation, which is partially polymerized with non-coking resin. From the prepreg layers, a billet package of a bulk structure is formed, then molding, carbonization, impregnation with a solution of polycarbosilane in toluene, drying, thermal stabilization, ceramization, and siliconization are carried out. Before placing the impregnated carbon fiber filler onto the transport and separating polyethylene films, a layer of (2–10)% carbon nanotube suspension in a mixture of coke-forming oligomeric and non-coking resins is applied. When laying out a package of CFRP blanks, carbon nanotubes are poured into each of the prepreg layers through a removable perforated plate that is in direct close contact with the prepreg layer that is laid out, repeating its dimensions. After carbonization,

the resulting carbon-carbon preform is additionally compacted by impregnation in (2–10)% suspension of carbon nanotubes in a solution of polycarbosilane in toluene.

The method of obtaining thin diamond films (RU 2685665 C1)

The invention can be used in various fields of industry and science to obtain thin-film reinforcement coatings and active layers of thin-film nanostructures [2]. A method is proposed for producing thin diamond films on a substrate by the method of vacuum laser impact on targets and carbon condensation on substrates, where pre-pressed detonation nanodiamond tablets and high-purity graphite tablets are used as targets, and laser irradiation is carried out in two stages: first, focused-based laser radiation Yttrium aluminum garnet with a wavelength of 1064 nm in a series of 10–20 pulses with a pulse energy of 3.8–5.8 J disperses the target from detonation nanodiamond and form on the substrate nanodiamond nucleation centers; then the gaps between the nucleation centers are filled with carbon with predominantly sp³ bonds condensed from the vapor-gaseous phase obtained by evaporating a target from high-purity graphite by exposure to defocused laser radiation of the same laser with a pulse energy intensity not lower than $1.6 \cdot 10^4$ W/cm². In the course of carbon condensation on a substrate preliminarily populated with nucleation centers, mainly with dimensions of 5.73 nm, they grow to particles of about 285.15 nm. The combination of such particles forms a flat thin-film close-packed hexagonal structure, which is a polycrystalline aggregate of islands, which are crystallographically equally oriented relative to the film surface.

Rotor vibration mixer (RU 2685674 C1)

The invention relates to mixing devices for mixing highly dispersed substances and nano-substances and can be used in chemical, petrochemical, food, agricultural and other industries [3]. The rotor-vibration mixer includes a case, a mixing body and a vibrator, a case cover, a mixing body made in the form of a propeller mounted coaxially above the mixing body of an anchor form, the vibrator being made in the form of a rotary comb guide. The invention provides an increase in the efficiency of mixing highly dispersed and nano-substances, and consequently, an increase in the quality of the finished mixture due to the use of ultrasonic vibrations in the fluidized bed.

The method of synthesis of nanocomposites Ag/C (RU 2686223 C1)

The invention relates to the field of chemistry and nanotechnology. The method of synthesis of Ag/C

nanocomposites includes the preparation of combined solution of polyacrylonitrile (PAN) and silver nitrate in dimethylformamide (DMF), holding all the components to complete dissolution, removing dimethylformamide by evaporation and heating the resulting solid residue [4]. Preparation of combined solution of polyacrylonitrile and AgNO_3 in dimethylformamide is carried out at a temperature of 30–70°C in the following ratio of components: polyacrylonitrile 4.7%, dimethylformamide 93.8–94.6%, AgNO_3 0.7–1.5%. Evaporation of dimethylformamide is carried out at 60–80°C. A gradual infrared heating of the obtained solid residue is carried out at a pressure of 10–2–10–3 mm Hg. First, preheating is carried out for 5–15 minutes at 80–200°C with a heating rate of no more than 50°C/min. The final heating is carried out for 5–15 minutes at 80–700°C with a heating rate of not more than 50°C/min. The invention makes it possible to simplify the production of nanocomposites, including Ag silver nanoparticles with a size of 19–28 nm in a carbon matrix, without the use of additional external reducing agents.

Cutting tool with wear-resistant coating (RU 2685820 C1)

The invention relates to metal-cutting tools, in particular to cutting plates and cutters used for processing products from difficult-to-process materials, including titanium and its alloys [5]. A wear-resistant cutting tool comprising cutting edges formed at the intersection of the front and rear surfaces of a hard-alloy cutting base, in which the wear-resistant coating includes at least a structure formed of TiB_2 . The structure formed of TiB_2 contains at least a sequentially deposited intermediate layer of TiB_2 and a wear-resistant layer of TiB_2 . The intermediate layer has a columnar metallographic structure with preferential orientation 001. The wear-resistant layer comprises at least a layer with an internal structure with textured nanocolumn grains with an orientation of 001 with amorphous p-phase within the boundaries of the said grains. The effect is increased durability of cutting tools with coating containing TiB_2 .

A method of manufacturing products with antistatic properties (RU 2685120 C1)

The invention relates to the field of composite materials and represents a method of manufacturing a composite fiberglass sheet with antistatic properties and products obtained from it [6]. A method of manufacturing a composite fiberglass antistatic in terms of a sheet with a thickness of 0.5 to 10.0 mm for the manufacture of pressed products consists of the following stages: in the first stage polyester resin and powder additives with a nanocomponent, which makes the sheet to be antistatic, are mixed in a dissolver

to form a paste, which is supplied to the containers, from where it is applied to the films moving under them in the second stage, and in the second stage chemical thickening of the polyester resin is applied by incorporating a viscosity increasing agent into paste for further pressing after 3–5 days, and at the same time reinforcing fiberglass is fed to a cutting machine located above the paste surface applied to one of the films, reinforcing fiberglass is cut into segments of a specified length and randomly fed to the surface of the paste layer, from above roll the second layer of film with a paste and serves in the sealing system of the rollers, where the fiberglass is impregnated and air bubbles are removed, the result is a sheet that is wound on steel rollers on the rack. The resulting sheet is cut on the table, removing the edges depleted in fiberglass, while cuttings are put in the center of the sample in a pile, which is placed in the mold, then the product is form. The invention provides antistatic properties to the sheet and the finished product from it by all of its volume.

A method of manufacturing a diamond tool with nanomodified cutting part (RU 2685917 C1)

The invention relates to the manufacture of tools for cutting solid and highly solid materials and can be used for the manufacture of diamond cutting tools, in particular, the stone diamond cutting wheel with water and/or air cooling for cutting reinforced concrete, brick, porcelain stoneware, refractory materials of granite, marble and other minerals [7].

The technical result is a method of manufacturing a diamond tool with nanomodified cutting part. The method includes preparation of powder mixture based on diamond powder and ligament, introduction of plasticizer into the mixture, granulating, dosing, cold pressing of the cutting part of the tool, hot pressing, tumbling, connecting the cutting part to tool and diamond cutting.

Installation of plasma-chemical synthesis of nanosized powders and the cyclone used in it (RU 2686150 C1)

The installation contains a reactor, the casing of which is located vertically and made with the possibility of heating, an electron accelerator with an electron energy of 300–1000 keV, a system for feeding the reagent into the reactor containing the supply tank, the dispenser, the buffer tank and the shut-off valve, a vacuum system, a device for separating solid and gaseous products of plasma-chemical synthesis, made in the form of a screw cyclone with the possibility of heating its body, and a system for separating soluble gaseous products of plasma-chemical synthesis associated with by a certain cyclone through an electrostatic filter, while the reactor outlet and the screw cyclone inlet are separated by an automatic discharge valve [8].

The invention relates to equipment for the plasma-chemical synthesis of ultrafine powders, inorganic compounds and compositions, in particular to the installation of the plasma-chemical synthesis of nanoscale powders and the screw cyclone used in it. The invention provides the possibility to obtain various types of products of nano-sized powders and composite materials based on them with high chemical purity on the same equipment, as well as to reduce the time of technological transition from one process to another and an efficient economic effect.

The method of synthesis of metal nanoparticles by deposition on a porous carbon material (RU 2685564 C1)

The invention relates to the production of metal nanoparticles. The method involves the evaporation of target from a metal by an electron beam in vacuum and the deposition of metal nanoparticles [9]. The evaporation of target from metal is conducted by an electron beam directed at the angle of 30–90 degrees to the target surface. The method provides spatial scanning of the electron beam in two coordinates on the target with frequencies within 5–200 Hz and amplitude 5 mm for 10–1000 seconds and temporal modulation of the beam current with a frequency of 10–100 Hz with a duty cycle of 1–10. The deposition of metal nanoparticles is carried out from a directional flow on a substrate covered with a porous carbon material with a thickness of 0.1–2 mm, bulk density 0.04–0.06 g/cm and set on a water-cooled copper screen. The result is reduced energy absorption in metal vapors, which increases spraying performance.

A method of manufacturing a gas sensor with a nanostructure with a superdeveloped surface and a gas sensor based on it (RU 2687869 C1)

A method of manufacturing a gas sensor with a nanostructure with a super-developed surface is based on forming a heterostructure of various materials in which a gas-sensitive layer is arranged. After that, it is fixed in the sensor case, and the contact pads are connected to the conclusions of the case using contact conductors, the gas-sensitive layer is formed in the form of a nanostructure with a super-developed surface by two-stage chemical synthesis. At the first stage, which forms a homogeneous thin film of zinc oxide, which is a germinal layer, and at the second stage, zinc oxide nanorods are formed, forming a superdeveloped surface [10].

The technical result is the possibility to increase sensitivity to the gas-reducers under the temperature close to the room one (25–50°C).

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

- Building construction element [11].
- The method of synthesis of a composite carbon material with metal nanoparticles with the transfer of a part of their electron density into a carbon matrix [12].
- A method of manufacturing a marker of fuel and lubricants [13].
- The system of wastewater treatment based on nano-modified natural sorbents [14].
- Nanocrystal, hydrosol of nanocrystalline cellulose and method for producing it [15].
- A method for producing membranes for ultrafiltration of aqueous media [16].
- Energy efficiency technologies [17].
- The method of obtaining transparent ceramics of yttrium-aluminum garnet [18].
- Global energy market development trends [19].
- Method and device for atomic emission spectral analysis of nanoobjects [20].
- The method of thermal cleaning of carbon nanotubes [21].
- The method of obtaining durable and conductive fibers by pulling films of carbon nanotubes [22].

CONCLUSION

It is known that it is precisely the **popularization and introduction of inventions** that is an important factor for the success of many successful companies. For example, General Electric, which entered world history as one of the most innovative companies of the 20th century, is a company that was originally listed in the Dow Jones index in 1896 and is still there. Therefore, we hope that the information published in this section will be in demand and useful for specialists. Confirmation that articles from the «Invention Review» column are particularly popular is information on the number of views of materials, for example, in the full-text database of open access scientific journals Open Academic Journals Index OAJI (USA), link – <http://oaji.net/journal-detail.html?number=6931>.

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

Углеродкерамический волокнисто-армированный композиционный материал и способ его получения (RU 2684538 C1)

Изобретение относится к классу композиционных материалов на основе углерода теплозащитного, конструкционного, химостойкого и назначений, подлежащих эксплуатации в условиях статических и динамических нагрузок при нагреве до 2000°C в окислительной среде (авиакосмическая техника, строительство объектов специального назначения, высокотемпературное электротермическое оборудование, комплектация атомных реакторов и т.п.), а также к способам их получения [1]. Технический результат изобретения — увеличение прочности композита до 40% по показателю прочности при изгибе и в два раза по показателю прочности при сжатии.

Углеродкерамический композиционный материал включает керамическую матрицу, армированную углеродным волокнистым материалом. При этом матричный керамический материал дополнительно армирован углеродными нанотрубками и дополнительно содержит по границе раздела фаз наноструктурированной матрицы и армирующего углеволокнистого наполнителя наноструктурированную карбидкремниевую интерфазу при следующем соотношении компонентов, мас. %: углеродные нанотрубки 0,3–1,0, углеродные волокнистые материалы 15–25, наноструктурированная карбидкремниевая интерфаза 2–4, карбид кремния — остальное. Углеродный волокнистый наполнитель пропитывают смесью некоксуемой и коксообразующей олигомерных смол, помещают между транспортной и разделительной полиэтиленовыми пленками и подвергают ионизирующему облучению, которым частично полимеризуют некоксуемую смолу. Из слоев препрега набирают пакет заготовки объемной структуры, проводят формование, кар-

бонизацию, пропитку раствором поликарбосилана в толуоле, сушку, термостабилизацию, керамизацию и силицирование. Перед помещением пропитанного углеродного волокнистого наполнителя на транспортную и разделительную полиэтиленовые пленки наносят слой (2–10)%-ной суспензии углеродных нанотрубок в смеси олигомерных коксообразующей и некоксуемой смол. При выкладке пакета заготовки углепластика в каждый из слоев препрега засыпают углеродные нанотрубки через съемную перфорированную пластину, находящуюся в непосредственном плотном контакте с выкладываемым слоем препрега, повторяющего его размеры. После карбонизации полученную углерод-углеродную заготовку дополнительно уплотняют пропиткой в (2–10)%-ной суспензии углеродных нанотрубок в растворе поликарбосилана в толуоле.

Способ получения тонких алмазных пленок (RU 2685665 C1)

Изобретение может быть использовано в различных областях промышленности и науки для получения тонкопленочных упрочняющих покрытий и активных слоев тонкопленочных наноструктур [2]. Предлагается способ получения тонких алмазных пленок на подложке методом вакуумного лазерного воздействия на мишени и конденсацией углерода на подложки, где в качестве мишеней используют предварительно спрессованные таблетки детонационного наноалмаза и таблетки из высокочистого графита, а лазерное воздействие осуществляют в два этапа: вначале сфокусированным излучением лазера на основе алюмоиттриевого граната с длиной волны 1064 нм серией 10–20 импульсов с энергией импульса 3,8–5,8 Дж диспергируют мишень из детонационного наноалмаза и формируют на подложке наноалмазные нуклеационные центры; затем промежуток между нуклеационными центрами заполняют углеродом с преимущественно sp^3 -связями, сконденсированным из парогазовой фазы, полученной испарением мишени из высокочистого графита путем воздействия расфокусированным лазерным излучением этого же лазера с интенсивностью энергии импульса не ниже $1,6 \cdot 10^4$ Вт/см². В ходе конденсации углерода на подложку, предварительно заселенную нуклеационными центрами, преимущественно с размерами 5,73 нм, наблюдается их разрастание до частиц размером около 285,15 нм. Совокупность таких частиц (островков) формирует плоскую тонкопленочную плотноупакованную гексагональную структуру, представляющую собой поликристаллический агрегат из островков, кристаллографически одинаково ориентированных относительно поверхности пленки.

Роторно-вибрационный смеситель (RU 2685674 C1)

Изобретение относится к смесительным устройствам для смешивания высокодисперсных и нановеществ и может быть использовано в химической, нефтехимической, пищевой, сельскохозяйственной и других отраслях промышленности [3]. Роторно-вибрационный смеситель включает корпус, перемешивающий орган и вибратор, содержит крышку корпуса, перемешивающий орган, выполненный в виде пропеллера, установленного соосно над перемешивающим органом якорной формы, причем вибратор выполнен в виде направляющей поворотной гребенки. Изобретение обеспечивает повышение эффективности смешивания высокодисперсных и нановеществ, а следовательно повышение качества готовой смеси за счет применения ультразвуковых колебаний в псевдооживленном слое.

Способ синтеза нанокompозитов Ag/C (RU 2686223 C1)

Изобретение относится к области химии и нанотехнологии. Способ синтеза нанокompозитов Ag/C включает приготовление совместного раствора полиакрилонитрила (ПАН) и нитрата серебра в диметилформамиде (ДМФА), выдержку до полного растворения всех компонентов, удаление диметилформамида путем выпаривания и нагрев полученного твердого остатка [4]. Приготовление совместного раствора полиакрилонитрила и AgNO_3 в диметилформамиде осуществляют при температуре 30–70°C при следующем соотношении компонентов: полиакрилонитрил 4,7%, диметилформамид 93,8–94,6%, AgNO_3 0,7–1,5%. Выпаривание диметилформамида проводят при 60–80°C. Осуществляют поэтапный инфракрасный нагрев полученного твердого остатка при давлении 10–2–10–3 мм рт.ст. Сначала проводят предварительный нагрев в течение 5–15 минут при 80–200°C со скоростью нагрева не более 50°C/мин. Финальный нагрев проводят в течение 5–15 минут при 80–700°C со скоростью нагрева не более 50°C/мин. Изобретение позволяет упростить получение нанокompозитов, включающих наночастицы серебра Ag с размером 19–28 нм в углеродной матрице, без использования дополнительных внешних восстановительных агентов.

Режущий инструмент с износостойким покрытием (RU 2685820 C1)

Изобретение относится к металлорежущему инструменту, в частности к режущим пластинам и фрезам, используемым для обработки изделий из труднообрабатываемых материалов, в том числе из титана и его сплавов [5]. Режущий инструмент с износо-

стойким покрытием, содержащий режущие кромки, образованные на пересечении передней и задней поверхностей твердосплавной основы режущей части, в котором износостойкое покрытие включает, по меньшей мере, структуру, сформированную из TiB_2 . Структура, сформированная из TiB_2 , содержит, по меньшей мере, последовательно нанесенные промежуточный слой из TiB_2 и износостойкий слой из TiB_2 . Промежуточный слой имеет столбчатую металлографическую структуру с преимущественной ориентацией 001. Износостойкий слой имеет в своем составе, по меньшей мере, слой с внутренней структурой с текстурированными наноклоночными зернами с ориентацией 001 с аморфной р-фазой в границах упомянутых зерен. Обеспечивается повышение стойкости режущего инструмента с покрытием, содержащим TiB_2 .

Способ изготовления изделий с антистатическими свойствами (RU 2685120 C1)

Изобретение относится к области композитных материалов и касается способа изготовления композитного стеклопластикового листа с антистатическими свойствами и получаемого из него изделия [6]. Способ изготовления композитного стеклопластикового антистатического по объему листа толщиной от 0,5 до 10,0 мм для изготовления прессованных изделий заключается в том, что на первой стадии полиэфирную смолу и порошкообразные добавки с нанокompонентом, который придает листу антистатичность, смешивают в диссольтвере с образованием пасты, которую подают в емкости, откуда она на второй стадии наносится на движущиеся под ними пленки, и при этом на второй стадии применяется химическое загущение полиэфирной смолы путем введения в состав пасты загустителя, увеличивающего вязкость для возможности последующего прессования через 3–5 дней, и одновременно с этим армирующее стекловолокно подают в рубочную машину, расположенную над поверхностью пасты, нанесенную на одну из пленок, рубят на отрезки заданной длины и хаотично подают на поверхность слоя пасты, сверху накатывают второй слой из пленки с пастой и подают в уплотнительную систему роликов, где происходит пропитка стекловолокна и удаление пузырьков воздуха, в результате получают лист, который наматывают на стальные ролики, расположенные на стеллаже. Полученный лист нарезают на столе, удаляя кромки, обедненные стекловолокном, при этом обрезки кладут в центр навески в стопку, которую помещают в пресс-форму, и формируют изделие. Изобретение обеспечивает придание листу и готовому из него изделию антистатические свойства по всему объему.

Способ изготовления алмазного инструмента с наномодифицированной режущей частью (RU 2685917 C1)

Изобретение относится к области изготовления инструмента резания твердых и высокотвердых материалов и может найти применение для изготовления алмазного режущего инструмента, в частности, камнеобрабатывающего алмазного отрезного круга с водным и/или воздушным охлаждением для резки железобетона, кирпича, керамогранита, огнеупорных материалов гранита, мрамора и других минералов [7].

Технический результат достигают тем, что способ изготовления алмазного инструмента с наномодифицированной режущей частью включает приготовление порошковой смеси на основе алмазного порошка и связки, введение в смесь пластификатора, гранулирование, дозирование, холодное прессование режущей части инструмента, горячее прессование, галтовку, соединение режущей части с инструментом и вскрытие алмазов.

Установка плазмохимического синтеза наноразмерных порошков и используемый в ней циклон (RU 2686150 C1)

Установка содержит реактор, корпус которого расположен вертикально и выполнен с возможностью нагрева, ускоритель электронов с энергией электронов 300–1000 кэВ, систему подачи реагента в реактор, содержащую расходную емкость, дозатор, буферную емкость и запорный клапан, вакуумную систему, устройство разделения твердых и газообразных продуктов плазмохимического синтеза, выполненное в виде шнекового циклона с возможностью нагрева его корпуса, и систему отделения растворимых газообразных продуктов плазмохимического синтеза, связанную со шнековым циклоном через электростатический фильтр, при этом выход реактора и вход шнекового циклона разделены автоматическим выпускным клапаном [8].

Изобретение относится к оборудованию плазмохимического синтеза ультрадисперсных порошков, неорганических соединений и композиций, в частности к установке плазмохимического синтеза наноразмерных порошков и шнековому циклону, используемому в ней. Изобретение обеспечивает возможность получения различных видов продукции наноразмерных порошков и композиционных материалов на их основе с высокой химической чистотой на одном и том же оборудовании, а также уменьшение времени технологического перехода от одного процесса к другому и высокий экономический эффект.

Способ синтеза наночастиц металлов осаждением на пористый углеродный материал (RU 2685564 C1)

Изобретение относится к получению наночастиц металла. Способ включает испарение мишени из металла электронным пучком в вакууме и осаждение наночастиц металла [9]. Испарение мишени из металла ведут электронным пучком, направленным под углом 30–90 градусов к поверхности мишени. Обеспечивают пространственное сканирование электронного пучка по двум координатам на мишени с частотами в пределах 5–200 Гц и амплитудой 5 мм в течение 10–1000 секунд и временную модуляцию тока пучка с частотой 10–100 Гц со скважностью 1–10. Осаждение наночастиц металла осуществляют из направленного потока на подложку, покрытую пористым углеродным материалом толщиной 0,1–2 мм, насыпной плотностью 0,04–0,06 г/см и установленную на водоохлаждаемом медном экране. Обеспечивается уменьшение поглощения энергии в парах металла, что увеличивает производительность распыления.

Способ изготовления газового сенсора с наноструктурой со сверхразвитой поверхностью и газовый сенсор на его основе (RU 2687869 C1)

Способ изготовления газового сенсора с наноструктурой со сверхразвитой поверхностью заключается в том, что образуют гетероструктуру из различных материалов, в которой формируют газочувствительный слой. После чего её закрепляют в корпусе сенсора, а контактные площадки соединяют с выводами корпуса при помощи контактных проводников, газочувствительный слой формируют в виде наноструктуры со сверхразвитой поверхностью путем двухстадийного химического синтеза, на первой стадии которого формируется однородная тонкая пленка оксида цинка, представляющая собой зародышевый слой, а на второй стадии методом гидротермального синтеза формируются наностержни оксида цинка, образующие сверхразвитую поверхность [10].

Технический результат заключается в обеспечении возможности повышения чувствительности к газам-восстановителям при близкой к комнатной температуре (25–50°C).

Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий:

- Строительный конструкционный элемент [11].
- Способ синтеза композитного углеродного материала с наночастицами металла с переносом части их электронной плотности в углеродную матрицу [12].

- Способ изготовления маркёра горючесмазочных материалов [13].
- Система очистки сточных вод с использованием наномодифицированных природных сорбентов [14].
- Нанокристалл, гидрозоль нанокристаллической целлюлозы и способ его получения [15].
- Способ получения мембран для ультрафильтрации водных сред [16].
- Технологии повышения эффективности электропотребления [17].
- Способ получения прозрачной керамики иттрий-алюминиевого граната [18].
- Тенденции развития глобальных энергетических рынков [19].
- Способ и устройство атомно-эмиссионного спектрального анализа нанообъектов [20].
- Способ термической очистки углеродных нанотрубок [21].
- Метод получения прочного и токопроводящего волокна путем вытягивания пленок из углеродных нанотрубок [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что именно популяризация и внедрение изобретений является важным фактором успеха многих преуспевающих компаний. Например, General Electric, которая вошла в мировую историю как одна из самых инновационных компаний XX 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>.

REFERENCES

1. Beilina N.Yu., Chernenko D.N., Chernenko N.M., Shcherbakova TS, Grudin I.G. Patent 2684538 of the Russian Federation IPC C1. Carbon ceramic fiber-reinforced composite material and method for its production. 2019. Bull. No. 10.
2. Plotnikov V.A., Makarov S.V., Makrushina A.N., Zyryanova A.I., Shutkin A.A. Patent 2685665 of the Russian Federation IPC C1. The method of obtaining thin diamond films. 2019. Bull. No. 12.
3. Belov A.G., Popov V.P., Shakhov V.A., Ushakov Yu.A., Mezhyueva L.V. and others. Patent 2685674 of the Russian Federation IPC C1. Rotary-vibration mixer. 2019. Bull. No. 12.
4. Kozhitov L.V., Sonkin V.S., Muraleev A.R., Sidin E.G., Maganov D.D., Muratov D.G., Yakushko E.V., Popkova A.V. Patent 2686223 of the Russian Federation IPC C1. The method of synthesis of nanocomposites Ag/C. 2019. Bull. No. 12.
5. Moskvitin A.A., Gubanov A.E., Moskvitin A.A., Maslov A.I., Moskvitin S.A. and others. Patent 2685820 of the Russian Federation IPC C1. Cutting tool with wear-resistant coating. 2019. Bull. No. 12.
6. Ivanov E.V., Kuklin I.S., Showniyev Yu.A., Ramazanov R.M. Patent 2685120 of the Russian Federation IPC C1. A method of manufacturing products with antistatic properties. 2019. Bull. No. 11.
7. Andreev V.A., Gureev A.I., Sevastyanov P.I. Patent 2685917 of the Russian Federation IPC C1. A method of manufacturing a diamond tool with a nanomodified cutting part. 2019. Bull. No. 12.
8. Mikhailov M.N., Sazonov R.V., Kholodnaya G.E. Patent 2686150 of the Russian Federation IPC C1. Installation of the plasma-chemical synthesis of nanosized powders and the cyclone used in it. 2019. Bull. No. 12.
9. Kizner V.G., Streltsov M.V., Novopashin S.A. Patent 2685564 of the Russian Federation IPC C1. Method for the synthesis of metal nanoparticles by deposition on a porous carbon material. 2019. Bull. No. 12.
10. Averin I.A., Bobkov A.A., Karmanov A.A., Moshnikov V.S., Pronin I.A., Yakushova N.D. Patent 2687869 of the Russian Federation IPC C1. A method of manufacturing a gas sensor with a nanostructure with a superdeveloped surface and a gas sensor based on it. 2019. Bull. No. 14.
11. Ivanov LA., Prokopiev P.S. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part III. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no.3, pp. 292–303. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303.
12. Berveno V.P., Berveno A.V. Patent of 2689738 of the Russian Federation IPC C1. Method of synthesis of composite carbon material with metal nanoparticles with transfer of a part of their electron density to a carbon matrix. 2019. Bull. No. 16.
13. Tkachev A.G., Memetov N.R., Yagubov V.S., Naghdaev V.K. Patent of 2689420 of the Russian Federation IPC C1. A method of manufacturing a marker of fuel and lubricants. 2019. Bull. No. 16.
14. 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: 10.15828/2075-8545-2018-10-5-56-72.

15. Udoratina E.V., Torlopov M.A. Patent 2689753 of the Russian Federation IPC C1. Nanocrystal, nanocrystalline cellulose hydrosol and method for producing it. 2019. Bull. No. 16.
16. Anokhina TS, Borisov I.L., Vasilevsky V.P., Volkov A.V., Petrova D.A. and others. Patent 2689595 of the Russian Federation IPC C1. Method for producing membranes for ultrafiltration of aqueous media. 2019. Bull. No. 16.
17. Schetinin E.Yu., Prokopyev P.S. Assessment of energy-saving technologies in the power supply of smart buildings using artificial intelligence. Financial Economics. 2019. №2. p. 666-668. (In Russian).
18. Kosyanov D.Yu., Vornovskikh A.A., Shichalin O.O., Papynov E.K. Patent 2685305 of the Russian Federation IPC C1. The method of obtaining transparent ceramics of yttrium-aluminum garnet. 2019. Bull. No. 11.
19. Nikitin A.A., Dinets D.A., Prokopyev P.S. Financial and economic and geopolitical prospects for the formation of common energy markets of the EAEU. Innovations and investments. 2019. №3. pp. 71-75. (In Russian).
20. Ivanov L.A., Muminova S.R. New technical solutions in nanotechnology. Part I. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2016, Vol. 8, no. 2, pp. 52-70. DOI: 10.15828/2075-8545-2016-8-2-52-70. (In Russian).
21. Podgaetsky V.M., Gerasimenko A.Yu., Ichchitidze L.P., Polokhin A.A., Selishchev S.V. Patent 2690991 of the Russian Federation IPC C1. The method of thermal purification of carbon nanotubes. 2019. Bull. No. 16.
22. Nasibulin AG, Zhilyaeva MA, Shulga E. Patent 2690821 of the Russian Federation IPC C1. The method of obtaining a strong and conductive fibers by pulling films of carbon nanotubes. 2019. Bull. No. 16.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейлина Н.Ю., Черненко Д.Н., Черненко Н.М., Щербакова Т.С., Грудин И.Г. Углеродкерамический волокнисто-армированный композиционный материал и способ его получения // Патент 2684538 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 10.
2. Плотников В.А., Макаров С.В., Макрушина А.Н., Зырянова А.И., Шуткин А.А. Способ получения тонких алмазных пленок // Патент 2685665 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
3. Белов А.Г., Попов В.П., Шахов В.А., Ушаков Ю.А., Межуева Л.В. и др. Роторно-вибрационный смеситель // Патент 2685674 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
4. Кожитов Л.В., Сонькин В.С., Муралеев А.Р., Сидин Е.Г., Маганов Д.Д., Муратов Д. Г., Якушко Е.В., Попкова А.В. Способ синтеза нанокомпозитов Ag/C // Патент 2686223 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
5. Москвитин А.А., Губанов А.Е., Москвитин А.А., Маслов А.И., Москвитин С.А. и др. Режущий инструмент с износостойким покрытием // Патент 2685820 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
6. Иванов Е.В., Куклин И.С., Показаньев Ю.А., Рамазанов Р.М. Способ изготовления изделий с антистатическими свойствами // Патент 2685120 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 11.
7. Андреев В.А., Гуреев А.И., Севастьянов П.И. Способ изготовления алмазного инструмента с наномодифицированной режущей частью // Патент 2685917 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
8. Михайлов М.Н., Сазонов Р.В., Холодная Г.Е. Установка плазмохимического синтеза наноразмерных порошков и используемый в ней циклон // Патент 2686150 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
9. Кизнер В.Г., Стрельцов М.В., Новопапин С.А. Способ синтеза наночастиц металлов осаждением на пористый углеродный материал // Патент 2685564 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 12.
10. Аверин И.А., Бобков А.А., Карманов А.А., Мошников В.С., Пронин И.А., Якушова Н. Д. Способ изготовления газового сенсора с наноструктурой со сверхразвитой поверхностью и газовый сенсор на его основе // Патент 2687869 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 14.
11. Иванов Л.А., Прокопьев П.С. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 3. – С. 292–303. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303.
12. Бервено В.П., Бервено А.В. Способ синтеза композитного углеродного материала с наночастицами металла с переносом части их электронной плотности в углеродную матрицу // Патент 2689738 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 16.
13. Ткачев А.Г., Меметов Н.Р., Ягубов В.С., Нагдаев В.К. Способ изготовления маркера горюче-смазочных материалов // Патент 2689420 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 16.
14. Малкин П. Система очистки сточных вод с использованием наномодифицированных природных сорбентов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 5. – С. 56–72. – DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-5-56-72.
15. Удоратина Е.В., Торлопов М.А. Нанокристалл, гидрозоль нанокристаллической целлюлозы и способ его получения // Патент 2689753 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 16.
16. Анохина Т.С., Борисов И.Л., Василевский В.П., Волков А.В., Петрова Д.А. и др. Способ получения мембран для ультрафильтрации водных сред // Патент 2689595 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 16.
17. Щетинин Е.Ю., Прокопьев П.С. Исследование энергосберегающих технологий в электроснабжении умных зданий с использованием искусственного интеллекта // Финансовая экономика. – 2019. – № 2. – С. 666–668.
18. Косьянов Д.Ю., Ворновских А.А., Шичалин О.О., Папынов Е.К. Способ получения прозрачной керамики иттрий-алюминиевого граната // Патент 2685305 РФ МПК C1. 2019. Бюл. № 11.
19. Никитин А.А., Динец Д.А., Прокопьев П.С. Финансово-экономические и геополитические перспективы формирования общих рынков энергии ЕАЭС // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 3. – С. 71–75.

20. Иванов Л.А., Муминова С.Р. Новые технические решения в области нанотехнологий. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве. — 2016. — Том 8, № 2. — С. 52–70. — DOI: 10.15828/2075-8545-2016-8-2-52-70.

21. Подгаецкий В.М., Герасименко А.Ю., Ичкитидзе Л.П., Полохин А.А., Селищев С.В. Способ термической очистки углеродных нанотрубок // Патент 2690991 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 16.

22. Насибулин А.Г., Жилиева М.А., Шульга Е. Метод получения прочного и токопроводящего волокна путем вытягивания пленок из углеродных нанотрубок // Патент 2690821 РФ МПК С1. 2019. Бюл. № 16.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Leonid A. Ivanov, Ph.D. in Engineering, Vice President of the International Academy of Engineering, Member of the International Journalist Federation; Gazetny per., block 9, bld. 4, Moscow, Russian Federation, 125009, L.a.ivanov@mail.ru

Petr S. Prokopiev, Student, Financial University Under the Government of the Russian Federation, International Economic Relations Faculty, e-mail: prokopiev2012@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

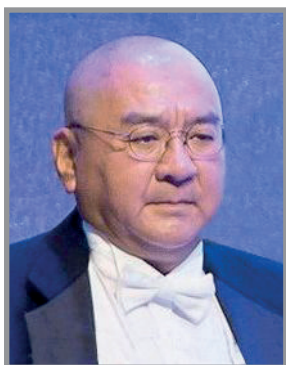
Прокопьев Пётр Сергеевич, студент факультета международных экономических отношений Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, e-mail: prokopiev2012@gmail.com

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

About the international Tang Prize

The international Tang Prize was established in Taiwan in 2012. The Tang Prize is the highest scientific and social award for the outstanding contributions and achievements in the following nominations: «Sustainable development», «Biopharmaceutical Science», «Sinology», «Rule of law» and it keeps the traditions of such events as Olympic movement, Nobel Prize and other international rewards.



The founder of the Tang Prize
is Doctor Samuel Yen-Liang Yin



The CEO of the Tang Prize Foundation
is Professor Jenn-chuan Chern



Tang Prize ceremony in 2018



The Tang Prize Medal.

The Tang Prize Medal, designed by Japanese designer Fukasawa Naoto, is a single piece of 214 g., 99,99 pure gold. The spiral curves imply the structure of DNA, a spiral galaxy, an image of a dragon, in addition to speaking of one's life force and expressing a dynamism of movement. Although the spiral curves are based on a circular structure, they never return to the same position. What they express is a sense of infinity that applies to our history, growth, and life.



2018 Tang Prize Diploma Design Concept
Tang Prize Diploma is a token for recognizing the contribution of the laureates. 2018 Tang Prize Diploma design has been commissioned to the world renowned Dutch book designer Irma Boom. Abstract and original, the diploma design is paper art in its simplicity, reflecting the philosophy of the Tang Prize. Vivid green, yellow, red, and blue represent the four prize categories, Sustainable Development, Biopharmaceutical Science, Sinology, and Rule of Law, respectively.



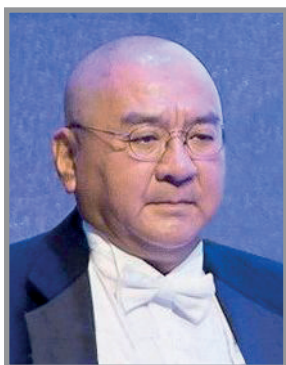
The Prize has been given every two years since 2014. The fund of each nomination is about 1 360 000 USD, and additional grants for further research are about 340 000 USD, the total amount for winner is about 1,7 million USD.

For more detailed information see website
www.tang-prize.org

R

О международной премии Тан

Международная премия Тан учреждена в 2012 г. на Тайване. Премия Тан является высшей научной и общественной наградой за выдающиеся достижения и заслуги в номинациях: «Устойчивое развитие», «Биомедицина», «Синология», «Юриспруденция», и продолжает традиции, которые имеются в мировой практике, такие как Олимпийское движение, Нобелевская премия и другие международные конкурсы.



Основатель Премии Тан –
доктор Самуэл Иен-Лян Ин



Руководитель Фонда премии –
профессор Дженн-Чуан Черн



Торжественная церемония
вручения Премии Тан в 2018 году



Медаль премии Тан

Медаль разработана японским дизайнером Наото Фукасава и представляет цельный кусок 214 г чистого золота 99,99 пробы, выполненный в виде спирали. Спираль подразумевает собой структуру ДНК, спиральные галактики, образ дракона, говорит о силе жизни и выражает динамизм движения. Хотя спирали имеют не кольцевую структуру, они никогда не возвращаются на ту же позицию. Они выражают бесконечность, что относится и к нашей истории, к тенденции роста нашей жизни.



Диплом Премии Тан 2018 является знаком признания выдающихся достижений лауреатов. Диплом Премии Тан 2018 разработал всемирно известный голландский книжный дизайнер Ирма Бум. Абстрактный и оригинальный дизайн диплома – это искусство совмещения на бумаге простых цветовых сочетаний, отражающих философию Премии Тан. Ярко-зеленый, желтый, красный и синий представляют четыре призовые категории: «Устойчивое развитие», «Биомедицина», «Синология» и «Юриспруденция», соответственно.



Премия вручается раз в два года, начиная с 2014. Ее размер в каждой из номинаций составляет около 1 360 000 долл. США, а также дополнительные гранты около 340 000 долл. на проведение дальнейших исследований, итого около 1,7 млн долл. США для победителя.

Более подробная информация на сайте
www.tang-prize.org

R

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477
UDC 614.841

Experimental study of heat-insulating aerogel-based nanomaterials

Authors:

Igor R. Baikov,

Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Russia, Bashkortostan Republic, pte.ugntu@rusoil.net

Olga V. Smorodova,

Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, olga_smorodova@mail.ru

Andrey Yu. Trofimov,

Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, trofimov_pte@mail.ru

Elena V. Kuznetcova,

Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, nsp-rb@mail.ru

Abstract: Research and synthesis of materials with fundamentally new properties play the key role in the development of modern science and technology. The most perspective materials are considered to be aerogels: nanostructured materials with many useful properties. The mesoporous structure of aerogels determines their widespread use, both in industry and in science.

Over the past few decades, nanostructured silica-based material has become an integral part of many industry segments: thermal and noise insulation, electronics, chemistry, medicine, environmental protection, industrial and fire safety, energy, aerospace industry, consumer goods and military technology.

The article discusses an experimental study of the heat-shielding properties of a heat-insulating material based on silicon oxide aerogel – Insuflex. This is a flexible rolled material used for thermal insulation of elements of technological installations, pipelines, valves and control valves. Using the method of ordinal statistics, the exponential dependence of the coefficient of thermal conductivity of the aerogel on the average temperature of the sample is determined. The results obtained indicate the possibility of energy-efficient use of the material in heat supply and heat consumption systems.

Keywords: thermal conductivity, thermal insulation, aerogel, modeling, measurement.

For citation: Baikov I.R., Smorodova O.V., Trofimov A.Yu., Kuznetcova E.V. Experimental study of heat-insulating aerogel-based nanomaterials. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 462–477. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477.

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

Experimental study of heat-insulating aerogelbased nanomaterials by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</p></div>

The paper has been received by editors: 24.06.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 10.07.2019.

The paper has been accepted for publication: 03.08.2019.

<http://nanobuild.ru>

462

info@nanobuild.ru

Экспериментальное исследование теплоизоляционных наноматериалов на основе аэрогелей

Авторы:

Байков Игорь Равильевич,

проф., ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;
Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, pte.ugntu@rusoil.net

Смородова Ольга Викторовна,

доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;
Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, olga_smorodova@mail.ru

Трофимов Андрей Юрьевич,

доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;
Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, trofimov_pte@mail.ru

Кузнецова Елена Викторовна,

доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»;
Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, nsp-rb@mail.ru

Резюме: В настоящее время достижения в развитии передовых технологий непосредственно связаны с качеством и технологичностью используемых материалов. К наиболее перспективным относятся аэрогели – наноструктурированные материалы со множеством полезных свойств. Мезопористая структура аэрогелей определяет их широкое применение, как в промышленности, так и в науке.

За период около полувека наноструктурированный материал на основе кремнезема нашел широкое применение во многих направлениях науки и техники. Среди них – тепло- и шумоизоляция, автоматика, химия, медицина, охрана окружающей среды, промышленная и пожарная безопасность, энергетика, аэрокосмическая промышленность, потребительские товары и военные технологии.

В статье рассмотрено экспериментальное исследование теплозащитных свойств теплоизоляционного материала на основе кремнийоксидного аэрогеля – Insuflex. Это гибкий рулонный материал для снижения теплопотерь с поверхности технологического оборудования, трубопроводных систем, отсекающей и регулирующей арматуры. Методом порядковых статистик установлена экспоненциальная зависимость коэффициента теплопроводности аэрогеля от средней температуры образца. Полученные результаты свидетельствуют о возможности энергоэффективного применения материала в системах теплоснабжения и теплопотребления.

Ключевые слова: теплопроводность, тепловая изоляция, аэрогель, моделирование, измерение.

Для цитирования: Байков И.Р., Смородова О.В., Трофимов А.Ю., Кузнецова Е.В. Экспериментальное исследование теплоизоляционных наноматериалов на основе аэрогелей // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 4. – С. 462–477. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477.

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

Experimental study of heat-insulating aerogelbased nanomaterials by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="cc:attributionName" v:strobe="1">Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 4, pp. 462–477. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-4-462-477 property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Baikov I.R., Smorodova O.V., Trofimov A.Yu., Kuznetcova E.V. is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-4-2019/.
Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://olga_smorodova@mail.ru" rel="cc:morePermissions">olga_smorodova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию: 24.06.2019.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 10.07.2019.

Статья принята к публикации: 03.08.2019.

INTRODUCTION

A lot of modern research is concentrated in the development of new materials [1]. Of greatest interest is the group of nanostructured airmgels [2]. By 2019, quartz, amorphous silica, carbon, and silica with gadolinium and terbium additives [3], aerogels based on oxides of zinc, chromium, tin, tungsten, iron with aluminum additives, etc. were obtained in the world [4].

The material of the airmgel class is a lattice of interconnected nanofibers or nanotubes [5]. This is a special cluster of substances with high porosity, specific surface area, small size of solid particles, and openwork structure of a solid skeleton [6]. Aerogels were first synthesized by S. Kistler (USA) in the early 30s of the twentieth century [2]. The first airmgel samples were obtained on the basis of silicon dioxide, oxides of aluminum, tungsten, iron, tin, etc. [7, 8]

In the gel family, airmgel based on SiO_2 is of interest both from the point of view of scientific study and for practical use [9, 10]. Its gross production exceeds one

third of the global synthesis of nanomaterials [11]. Silicon oxide airmgel has a stochastic fractal structure, which is determined by the structure and nature of the bonds between silicon oxide bridges ($\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}$) [12]. The special properties of the airmgel are due to the high specific pore volume (up to 99% of the volume) with sizes from 5 nm to 100 nm each [13].

In the table 1 the main technical characteristics of silica SiO_2 airmgel based on studies of the Lawrence Livermore National Laboratory (USA) are shown [14, 15].

MAIN PART

The relevance of the task

Airmgels with low thermal conductivity are used as heat-insulating, heat- and fire-retardant, sound-insulating, structural, filtering materials, etc. [17]. Thermal protection based on them is increasingly used in refrigeration technologies for tanks with liquefied hydrocarbons [18].

Table 1

Technical characteristics of silica SiO_2 airmgel [16]

№	Name of indicator	Value of indicator
1	Composition	hydrophobic type – 95% SiO_2 , ~4% C, ~1% H hydrophilic type – 99,6% SiO_2 , ~0,4% H
2	Density, kg/m^3	4...600
3	Porosity, %	73...99,8
4	The thickness of the fibers, nm	2...3
5	Specific surface area, m^2/g	580...960
6	Coefficient of thermal expansion, cm/cm	$\sim 2 \times 10^{-6}$ (at 293...353 K)
7	Thermal conductivity, W / (mK)	0,016...0,030
8	Melting point, K	~1473
9	Use temperature, K	3...650

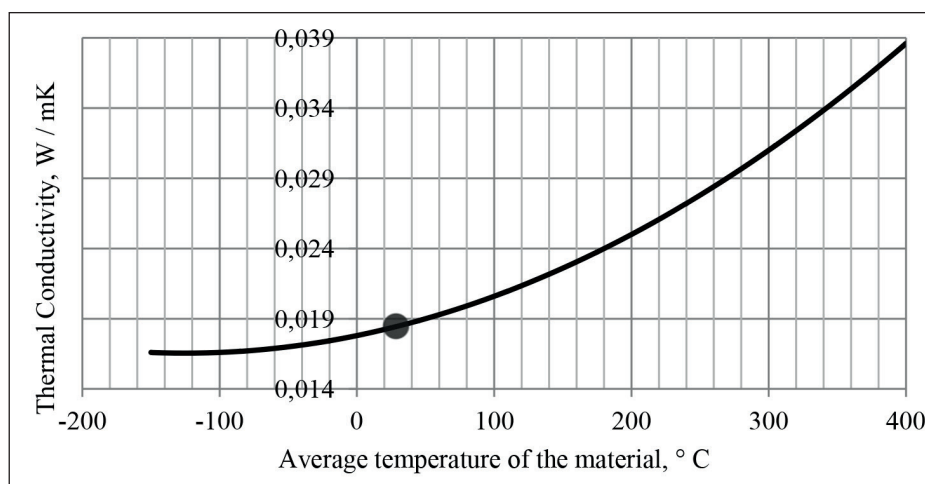


Fig. 1. The dependence of the coefficient of thermal conductivity of the airmgel on the average temperature of the material according to the manufacturer
• – result of measurements by the authors

The authors' studies [18] showed that the total thermal conductivity of the airtel slightly depends on the properties of the material frame. In this case, heat transfer by heat conduction between granules and nanofibers plays a decisive role at low operating environmental parameters. At high temperatures, the bulk of the thermal energy is transferred in a radiant manner. The convective heat transfer in nanopores and capillaries with a diameter of less than 2 mm is negligible in view of the impossibility of forming free convection flows [19]. Many authors have experimentally confirmed that the overall thermal conductivity of materials based on airtel significantly depends on the properties of the gas filling the pores and capillaries, humidity, and the diameter of the nanopores.

Studies conducted on airtels [20, 21] show that thermal conductivity decreases with decreasing material temperature (Fig. 1).

In this case, the minimum values of the coefficient of thermal conductivity are achieved in the zone of deep negative temperatures. This indicates the particular effectiveness of the aerogels use in the cryogenic region of the operating parameters.

Experimental part

This work is devoted to the justification of the heat-shielding properties of airtel material in the temperature range of operation of heat supply systems. An experimental study of the thermal insulation properties of the airtel was carried out on samples of industrial thermal insulation made on the basis of fiberglass. This is a rolled material for coating technological equipment, pipelines, shutoff and control valves in order to reduce heat loss [22]. The thickness of the material in the roll is 10 mm (Fig. 2a). The accuracy of the experiment was ensured by the organization of measurements on samples of two

types — in 2 and 3 layers of material, i.e. total thickness of 20 and 30 mm.

To measure the thermal conductivity of the material, the ITP-MG4 «250» device was used (Fig. 2b).

The device is designed to measure indicators of the intensity of heat transfer by thermal conductivity:

- thermal conductivity coefficient, λ , W/mK;
- thermal resistance, R , m²K/W.

The instrument options allow you to conduct an experiment either in stationary mode or by using a heat probe.

In the experiment, the thermal conductivity and thermal resistance of the material were determined at an average sample temperature of +15° to +42.5°C. The temperature control of the refrigerator and heater and their temperature control were carried out automatically.

The main technical characteristics of the device are given in table 2.

During measurements, a stationary heat flux through a flat sample is created. In the experiment, the thickness of the sample, the density of the heat flux, and the temperature of the faces of the sample are recorded.

To ensure the stability of heat transfer in the device, a control unit for the heater and the refrigerator is made on Peltier elements, a heat meter, and platinum thermocouples. The cooling of the Peltier elements is organized by a fan.

The measurements were carried out in a stationary mode on samples of different thicknesses at different temperatures of the heater and refrigerator in the entire range of operating temperatures of the device. The temperature difference between the heater and the refrigerator was maintained in the range of 35–40°C. The results of measurements of the thermal conductivity of the material for a sample 30 mm thick are given in table 3, for a sample 20 mm thick — in table 4.

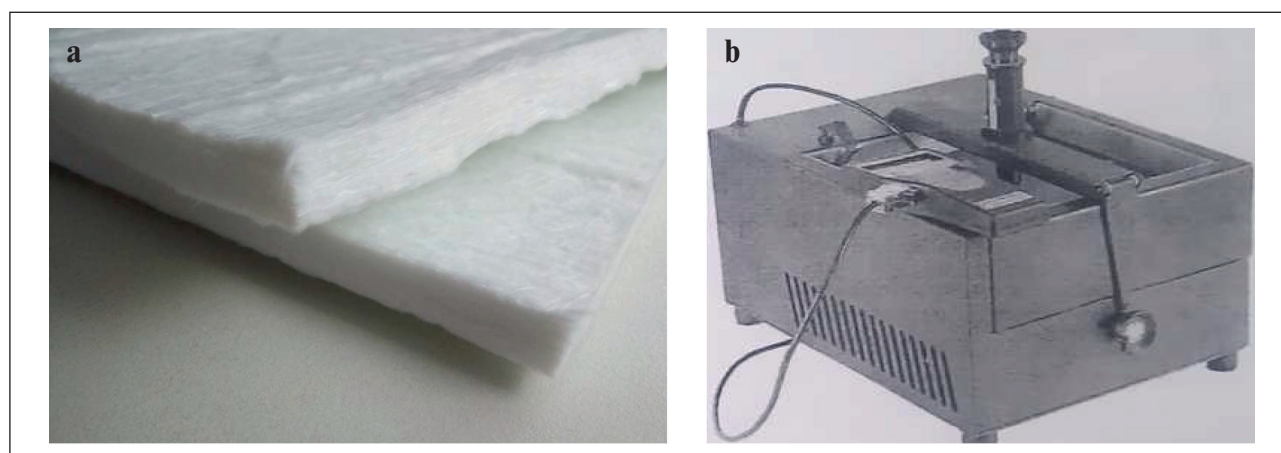


Fig. 2. Organization of an experimental study of airtel material

a — heat insulation based on airtel Insuflex; b — heat meter ITP-MG4 «250»

Table 2

Technical characteristics of ITP-MG4 «250»

№	Name of indicator	Value of indicator
1	Range of measurement of the coefficient of thermal conductivity in stationary mode, W/mK	0,01...1,5
2	Range of measurement of thermal resistance, m ² K/W	0,01...1,5
3	Range of measurement of thermal conductivity by the method of a heat probe, W/mK	0,03...1
4	The limit of the main relative error in determining the coefficient of thermal conductivity and thermal resistance in stationary mode, %	±5
5	The limit of the main relative error in determining the coefficient of thermal conductivity and thermal resistance in stationary mode, %	±7
6	Sizes of the test sample, mm	250×250×5..50
Time of one measurement, no more, min:		
7	– in stationary mode	120
8	– by a method of a thermal probe	10

Table 3

Measurement results on a sample 30 mm thick

Test number	Material Surface Temperature			Thermal conductivity
	cold	heated	medium	
	t _x	t _n	t _{cp}	λ
	°C	°C	°C	W/m×K
№ 1	−1	35	17	0,017
№ 2	0	36	18	0,018
№ 3	1	37	19	0,018
№ 4	2	38	20	0,018
№ 5	3	39	21	0,020
№ 6	4	40	22	0,020
№ 7	5	41	23	0,020
№ 8	6	42	24	0,019
№ 9	7	43	25	0,018
№ 10	8	44	26	0,020
№ 11	9	45	27	0,019
№ 12	10	46	28	0,018
№ 13	11	47	29	0,018
№ 14	12	48	30	0,018
№ 15	13	49	31	0,019
№ 16	14	50	32	0,018
№ 17	15	51	33	0,018
№ 18	16	52	34	0,019
№ 19	17	53	35	0,018
№ 20	18	54	36	0,018
№ 21	19	55	37	0,018
№ 22	20	56	38	0,018
№ 23	21	57	39	0,018
№ 24	22	58	40	0,018
№ 25	23	59	41	0,018
№ 26	24	60	42	0,020

Table 4
 Measurement results on a sample 20 mm thick

Test number	Material Surface Temperature			Thermal conductivity
	cold	heated	medium	
	t_x	t_n	t_{cp}	
	°C	°C	°C	
№ 1	−1	35	17	0,018
№ 2	2	38	20	0,018
№ 3	4	40	22	0,018
№ 4	6	42	24	0,018
№ 5	8	44	26	0,018
№ 6	10	46	28	0,018
№ 7	12	48	30	0,018
№ 8	14	50	32	0,018
№ 9	16	52	34	0,018
№ 10	18	54	36	0,018
№ 11	20	56	38	0,019
№ 12	22	58	40	0,019

Analysis of the results

The results obtained during the measurements showed that the experimental value of the thermal conductivity of the insulating material lies in a rather narrow range of values λ (0,017...0,02) W/mK with high repeatability of 0,018 W/mK. Therefore, an assumption was made about the normal law of distribution of thermal conductivity values λ for the range of average temperatures of the material (17...42)°C.

To confirm this hypothesis [23] according to the results of measurements carried out on a sample 30 mm thick, a histogram of the relative frequencies of thermal conductivity hitting values λ was plotted as a function

of the average value in the interval for three sub-intervals, shown in Fig. 3. The sample size was 26 values, the sub-interval length was 0.001 W/mK. The sample average value for this sample, taking into account the relative frequency, was 0,0188 W/mK. For such a distribution, the sample standard deviation is $\sigma = 5,49 \times 10^{-4}$.

The calculated value of the Pearson χ^2 consent criterion is identified at 0,065, which indicates a low reliability of the accepted hypothesis. This is due to the influence of the average temperature on the thermal conductivity of the material, which is significant for the studied temperature range.

The dependence of the thermal conductivity of the material on the average temperature of the sample is

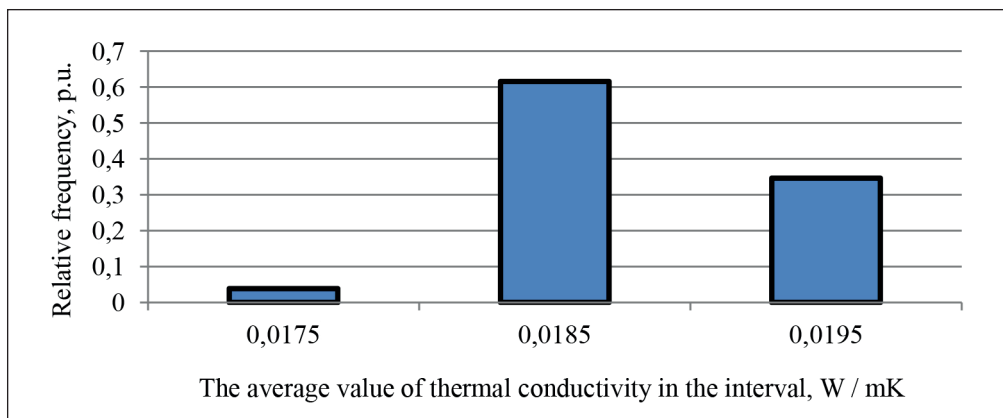


Fig. 3. Relative frequency histogram

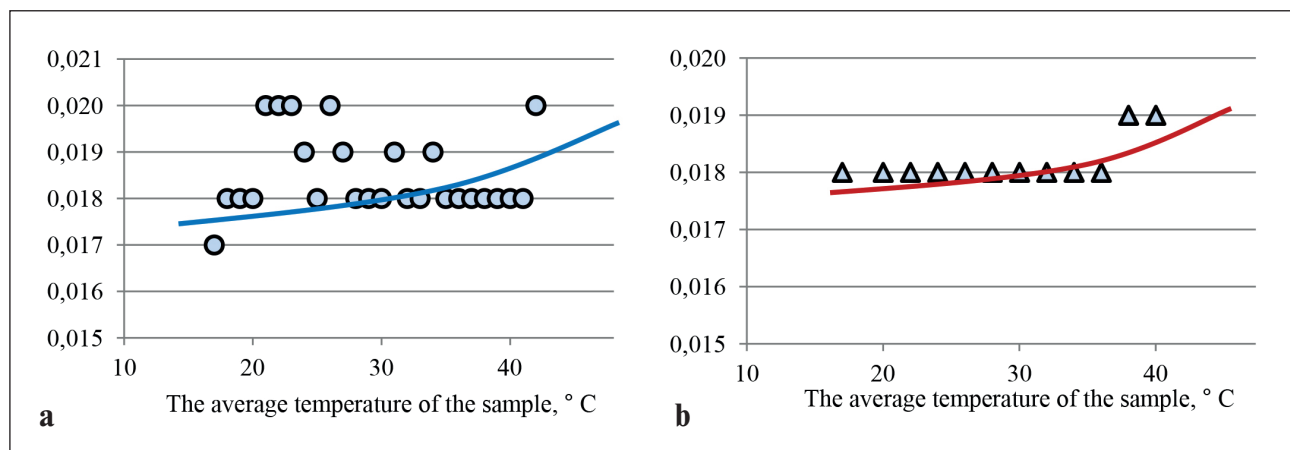


Fig. 4. The dependence of the thermal conductivity of the material on the average temperature of the airgel sample
 a – sample thickness 30 mm; b – sample thickness 20 mm

shown in Fig. 4a and Fig. 4b. The solid line in the figures shows the dependence of the thermal conductivity of the material on temperature according to the manufacturer of thermal insulation. In general, the presented results confirm the data on the thermal insulation properties of the airgel, declared by the manufacturer of this material (marker in Fig. 1).

At the same time, on the sample with a thickness of 20 mm, a fairly clear increasing dependence of thermal conductivity on temperature is observed, which corresponds to the data of the manufacturer of thermal insulation material.

The results obtained on a sample 30 mm thick have a sufficient amount of noise interference, which prevented a more accurate determination of the desired value.

Building a model for data with a large spread gives an approximate solution with a low confidence value. To increase the accuracy of determining the dependence, we used the method of ordinal statics or the ordinal approximation of a monotonic dependence [23]. Moreover, from the obtained experimental data, the monotonic dependence is restored, in accordance with a previously known distribution law. In particular, for thermal conductivity this is a monotonically increasing function. The result of applying the method of ordinal statics for experimental data obtained on a sample 30 mm thick is shown in Fig. 5. These results have a higher confidence value compared to the initial data, which confirms the effectiveness of this method for the restoration of monotonic dependencies.

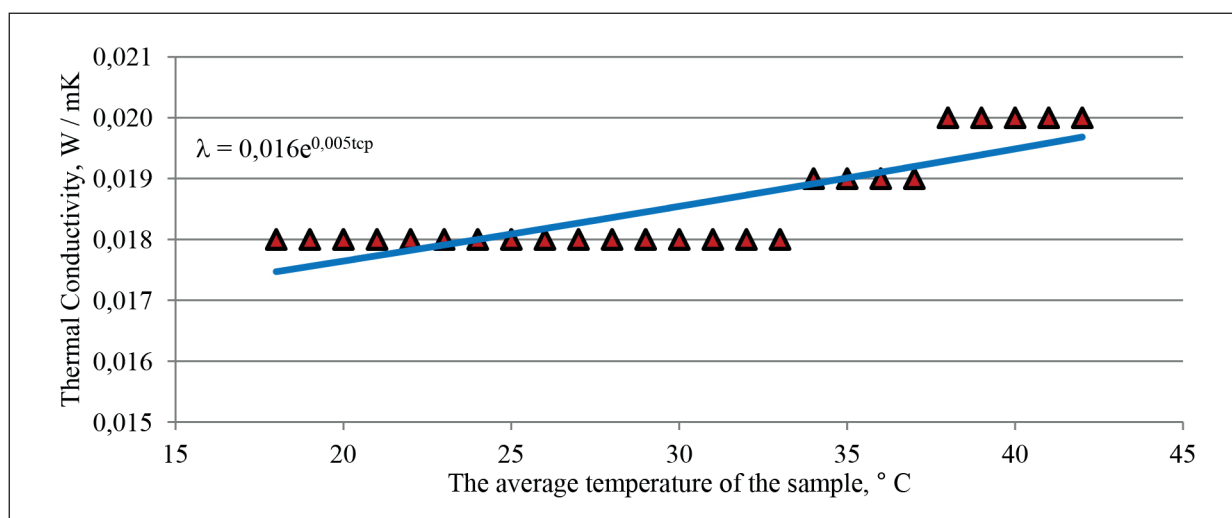


Fig. 5. The dependence of the coefficient of thermal conductivity of the airgel on average temperature restored by the method of ordinal statics

CONCLUSION

1. The average value of the coefficient of thermal conductivity of a thermal insulation material based on silicon oxide airgel – Insuflex – at the level of 0,0185 W/mK, which is significantly lower than similar indicators for other thermal insulation materials in the temperature regime of heat supply systems, has been experimentally established.

2. An equation of one-parameter regression of the dependence of the thermal conductivity coefficient of air-gel thermal insulation on the average temperature of the material is obtained.

3. The low value of the coefficient of thermal conductivity of the material indicates its high energy efficiency. The use of thermal insulation based on airgel will reduce heat loss by no less than 47% compared with the used heat-insulating materials.

ВВЕДЕНИЕ

Множество современных исследований сконцентрировано в сфере разработки новых материалов [1]. Наибольший интерес вызывает группа наноструктурных аэрогелей [2]. К 2019 г. в мире получены кварцевый, аморфный кремнеземный, углеродный, кремнеземный с добавками гадолиния и тербия [3], аэрогели на основе оксидов цинка, хрома, олова, вольфрама, железа с алюминиевыми добавками и пр. [4].

Материал класса аэрогелей представляет собой решетку из связанных между собой нановолокон или нанотрубок [5]. Это особый кластер веществ с высокой пористостью, удельной поверхностью, малым размером твердых частиц и ажурной структурой твердого каркаса [6]. Впервые аэрогели были синтезированы С. Кистлером (США) в начале 30-х годов XX века [2]. Первые образцы аэрогеля были получены на основе двуоксида кремния, оксидов алюминия, вольфрама, железа, олова и др. [7, 8]

В семействе гелей аэрогель на основе SiO_2 вызывает интерес как с точки зрения научного изу-

чения, так и для практического использования [9, 10]. Его валовое производство превышает третью часть от мирового синтеза наноматериалов [11]. Кремнийоксидный аэрогель имеет стохастическую фрактальную структуру, определяемую строением и характером связей между кремнийоксидными мостиками ($\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}$) [12]. Особые свойства аэрогеля обусловлены высоким удельным объемом пор (до 99% объема) с размерами каждой от 5 до 100 нм [13].

В табл. 1 приведены основные технические характеристики кремнеземного SiO_2 -аэрогеля на основе исследований Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса (США) [14, 15].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Актуальность задачи

Аэрогели с низкой теплопроводностью находят применение в качестве теплоизоляционных, тепло- и огнезащитных, звукоизоляционных, конструкционных, фильтрующих материалов и пр. [17]. Те-

Таблица 1

Технические характеристики кремнеземного SiO_2 -аэрогеля [16]

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Состав	гидрофобный тип – 95% SiO_2 , ~4% C, ~1% H гидрофильный тип – 99,6% SiO_2 , ~0,4% H
2	Плотность, кг/м ³	4...600
3	Пористость, %	73...99,8
4	Толщина волокон, нм	2...3
5	Площадь удельной поверхности, м ² /г	580...960
6	Коэффициент термического расширения, см/см	$\sim 2 \times 10^{-6}$ (при температуре (293...353)K)
7	Коэффициент теплопроводности, Вт/(мК)	0,016...0,030
8	Температура плавления, К	~1473
9	Температура применения, К	3...650

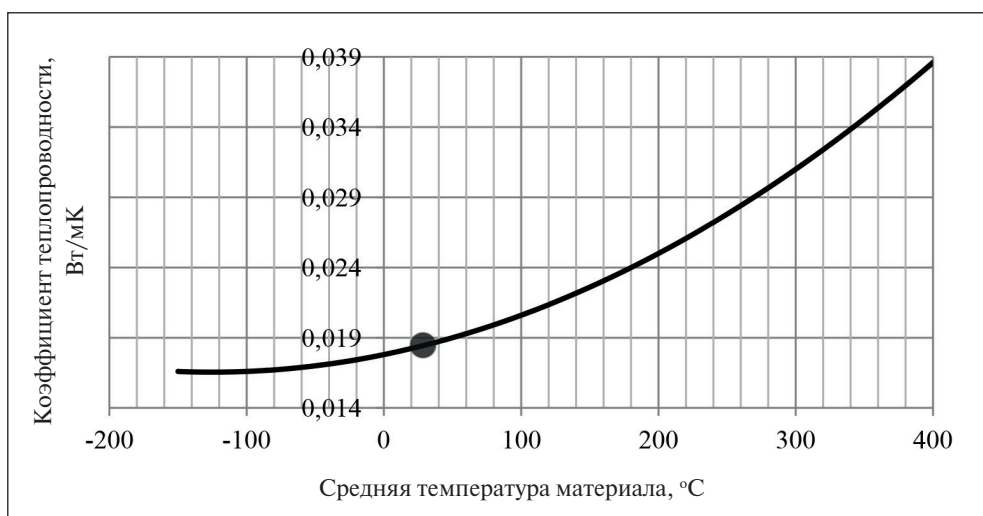


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности аэрогеля от средней температуры материала по сведениям производителя

• — результат измерений авторами

пловая защита на их основе все шире используются в холодильных технологиях для емкостей со сжиженными углеводородами [18].

Исследования авторов [18] показали, что общая теплопроводность аэрогеля незначительно зависит от свойств каркаса материала. При этом теплообмен теплопроводностью между гранулами и нановолокнами играет определяющую роль при невысоких режимных параметрах окружающей среды. При высоких температурах основная доля тепловой энергии переносится лучистым способом. Конвективный перенос теплоты в нанопорах и капиллярах диаметром менее 2 мм пренебрежимо мал в виду невозможности формирования потоков свободной конвекции [19]. Многими авторами экспериментально было подтверждено, что общая теплопроводность материалов на основе аэрогеля значительно зависит от свойств газа, заполняющего поры и капилляры, влажности окружающей среды и диаметра нанопор.

Исследования, проведенные на аэрогелях [20, 21], показывают, что с понижением температуры материала уменьшается теплопроводность (рис. 1).

При этом минимальные значения коэффициента теплопроводности достигаются в зоне глубоких отрицательных температур. Это свидетельствует об особой эффективности применения аэрогелей в криогенной области параметров эксплуатации.

Экспериментальная часть

Настоящая работа посвящена обоснованию теплозащитных свойств аэрогелевого материала в диапазоне температур эксплуатации систем те-

поснабжения. Экспериментальное исследование теплоизоляционных свойств аэрогеля проводилось на образцах промышленной тепловой изоляции, выполненной на основе стеклохолста. Это рулонный материал для покрытия технологического оборудования, трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры с целью снижения потерь тепловой энергии [22]. Толщина материала в рулоне составляет 10 мм (рис. 2а). Точность проведения эксперимента была обеспечена организацией измерений на образцах двух видов — в 2 и в 3 слоя материала, т.е. полной толщиной 20 и 30 мм.

Для измерения коэффициента теплопроводности материала было использовано устройство ИТП-МГ4 «250» (рис. 2б).

Прибор предназначен для измерения показателей интенсивности теплообмена теплопроводностью:

- коэффициента теплопроводности, λ , Вт/мК;
- термического сопротивления, R , м²К/Вт.

Опции прибора позволяют проводить эксперимент либо при стационарном режиме, либо методом теплового зонда.

В эксперименте определялась теплопроводность и термическое сопротивление материала при средней температуре образца от +15° до +42,5°C. Регулирование температур холодильника и нагревателя и их термостатирование выполнялось автоматически.

Основные технические характеристики прибора приведены в табл. 2.

При проведении измерений создается стационарный тепловой поток через плоский образец. В эксперименте фиксируется толщина образца, плотность теплового потока и температуры граней образца.

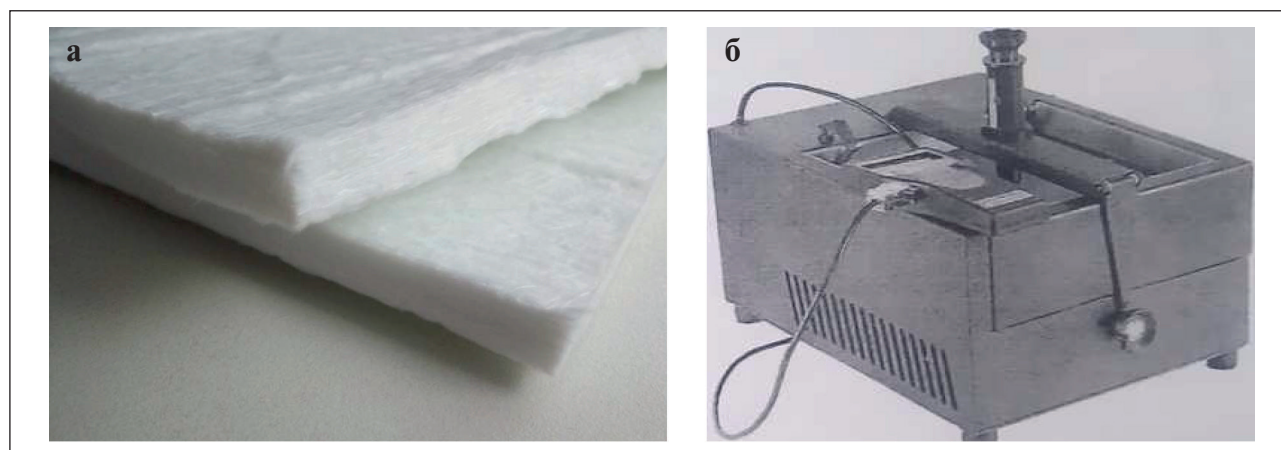


Рис. 2. Организация экспериментального исследования аэрогелевого материала
а — тепловая изоляция на основе аэрогеля Insuflex; б — измеритель теплопроводности ИТП-МГ4«250»

Таблица 2
Технические характеристики ИТП-МГ4 «250»

№ п/п	Наименование характеристик	Значение характеристик
1	Диапазон измерения коэффициента теплопроводности при стационарном режиме, Вт/м К	0,01...1,5
2	Диапазон измерения термического сопротивления, м ² К/Вт	0,01...1,5
3	Диапазон измерения теплопроводности методом теплового зонда, Вт/мК	0,03...1
4	Предел основной относительной погрешности определения коэффициента теплопроводности и термического сопротивления при стационарном режиме, %	±5
5	Предел основной относительной погрешности определения коэффициента теплопроводности методом теплового зонда, %	±7
6	Размеры испытываемого образца, мм	250×250×5..50
Время одного измерения, не более, мин:		
7	— при стационарном режиме	120
8	— методом теплового зонда	10

Для обеспечения стационарности теплообмена в устройстве предусмотрен блок управления нагревателем и холодильником, выполненный на элементах Пельтье, термомер, платиновые термопары. Охлаждение элементов Пельтье организовано вентилятором.

Измерения производились в стационарном режиме на образцах разной толщины при различных температурах нагревателя и холодильника во всем диапазоне рабочих температур прибора. Разница температур между нагревателем и холодильником поддерживалась в диапазоне 35–40°C. Результаты измерений коэффициента теплопроводности материала для образца толщиной 30 мм приведены в табл. 3, для образца толщиной 20 мм — в табл. 4.

Анализ полученных результатов

Результаты, полученные в ходе измерений, показали, что экспериментальное значение теплопроводности теплоизоляционного материала лежит в достаточно узком диапазоне значений (0,017...0,02) Вт/мК при высокой повторяемости значения 0,018 Вт/мК. Следовательно, было сделано предположение о нормальном законе распределения значений теплопроводности для диапазона средних температур материала (17...42)°C.

Для подтверждения данной гипотезы [23] по результатам измерений, проведенных на образце толщиной 30 мм, была построена гистограмма относительных частот попадания значений теплопро-

Таблица 3
Результаты измерений на образце толщиной 30 мм

Номер опыта	Температура поверхности материала			Коэффициент теплопроводности
	холодной	нагреваемой	средней	
	t_x	t_n	t_{cp}	
	°C	°C	°C	
№ 1	−1	35	17	0,017
№ 2	0	36	18	0,018
№ 3	1	37	19	0,018
№ 4	2	38	20	0,018
№ 5	3	39	21	0,020
№ 6	4	40	22	0,020
№ 7	5	41	23	0,020
№ 8	6	42	24	0,019
№ 9	7	43	25	0,018
№ 10	8	44	26	0,020
№ 11	9	45	27	0,019
№ 12	10	46	28	0,018
№ 13	11	47	29	0,018
№ 14	12	48	30	0,018
№ 15	13	49	31	0,019
№ 16	14	50	32	0,018
№ 17	15	51	33	0,018
№ 18	16	52	34	0,019
№ 19	17	53	35	0,018
№ 20	18	54	36	0,018
№ 21	19	55	37	0,018
№ 22	20	56	38	0,018
№ 23	21	57	39	0,018
№ 24	22	58	40	0,018
№ 25	23	59	41	0,018
№ 26	24	60	42	0,020

водности в зависимости от среднего значения в интервале для трех подынтервалов, представленная на рис. 3. Объем выборки составил 26 значений, длина подынтервала — 0,001 Вт/мК. Выборочное среднее значение для данной выборки с учетом относительной частоты составило 0,0188 Вт/мК. Для такого распределения выборочное среднее квадратичное отклонение составило $\sigma = 5,49 \times 10^{-4}$.

Расчетное значение критерия согласия Пирсона χ^2 идентифицировано на уровне 0,065, что свидетельствует о низкой достоверности принятой гипотезы. Это связано с влиянием средней температуры на те-

плопроводность материала, которая для изученного диапазона температур существенна.

Зависимость коэффициента теплопроводности материала от средней температуры образца представлена на рис. 4а и 4б. Сплошной линией на рисунках показана зависимость коэффициента теплопроводности материала от температуры по данным изготовителя тепловой изоляции. В целом, представленные результаты подтверждают данные по теплоизоляционным свойствам аэрогеля, заявленные изготовителем данного материала (маркер на рис. 1).

Таблица 4
 Результаты измерений на образце толщиной 20 мм

Номер опыта	Температура поверхности материала			Коэффициент теплопроводности
	холодной	нагреваемой	средней	
	t_x	t_n	t_{cp}	
	°C	°C	°C	
№ 1	−1	35	17	0,018
№ 2	2	38	20	0,018
№ 3	4	40	22	0,018
№ 4	6	42	24	0,018
№ 5	8	44	26	0,018
№ 6	10	46	28	0,018
№ 7	12	48	30	0,018
№ 8	14	50	32	0,018
№ 9	16	52	34	0,018
№ 10	18	54	36	0,018
№ 11	20	56	38	0,019
№ 12	22	58	40	0,019

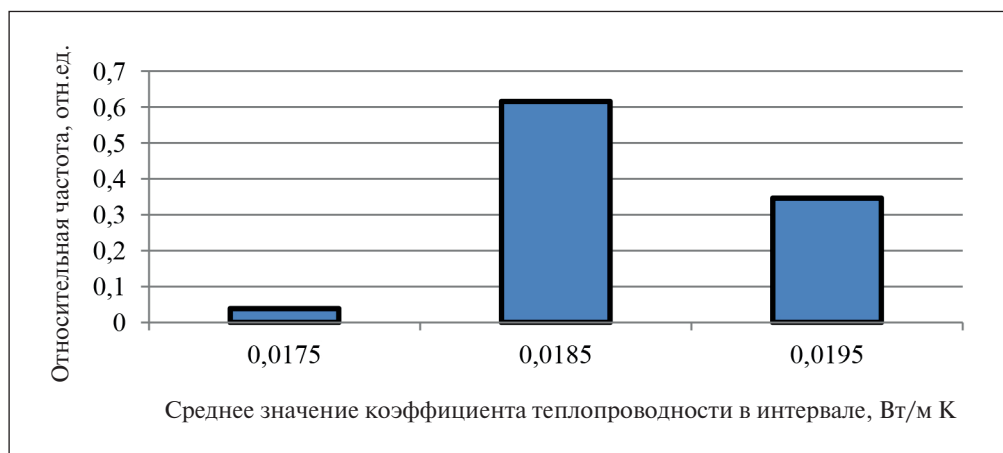


Рис. 3. Гистограмма относительных частот

При этом, на образце толщиной 20 мм прослеживается достаточно четкая возрастающая зависимость теплопроводности от температуры, соответствующая данным производителя теплоизоляционного материала.

Результаты, полученные на образце толщиной 30 мм, имеют достаточное количество шумовых помех, помешавших более точному определению искомой величины.

Построение модели для данных с большим разбросом дает приближенное решение с низкой ве-

личинной достоверности. Для повышения точности определения зависимости был использован метод порядковых статик или порядковое приближение монотонной зависимости [23]. При этом, из полученных экспериментальных данных восстанавливают монотонную зависимость, в соответствии с заранее известным законом распределения. В частности, для теплопроводности это монотонно возрастающая функция. Результат применения метода порядковых статик для экспериментальных данных, полученных на образце толщиной 30 мм,

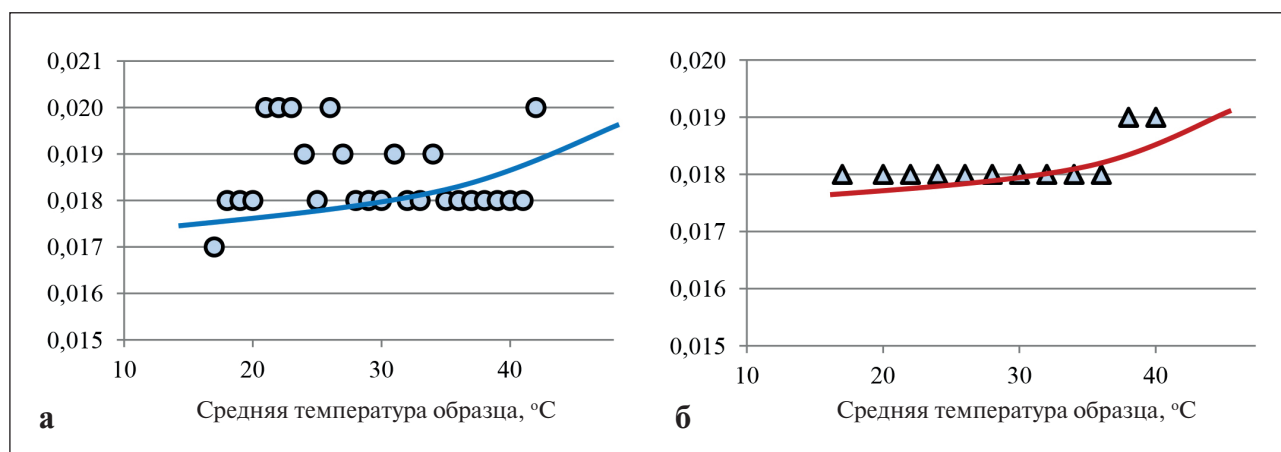


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности материала от средней температуры образца аэрогеля: а – толщина образца 30 мм; б – толщина образца 20 мм

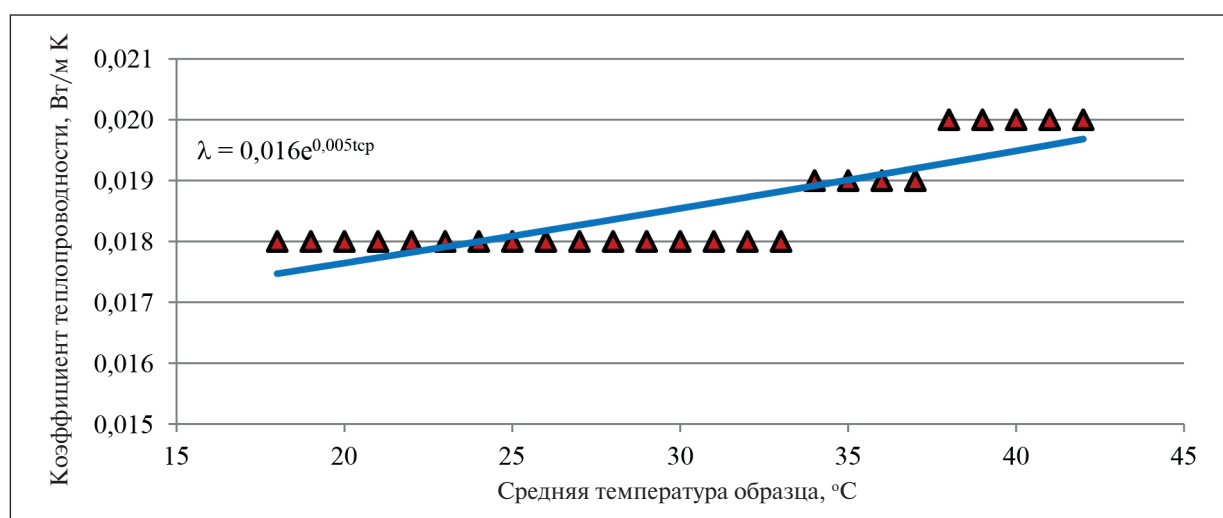


Рис. 5. Восстановленная методом порядковых статик зависимость коэффициента теплопроводности аэрогеля от средней температуры

представлен на рис. 5. Данные результаты имеют более высокую величину достоверности, по сравнению с начальными данными, что подтверждает эффективность данного метода для восстановления монотонных зависимостей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментально установлено среднее значение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала на основе кремнийоксидного аэрогеля – Insuflex – на уровне 0,0185 Вт/мК, что существенно ниже аналогичных показателей для

прочих теплоизоляционных материалов в температурном режиме работы систем теплоснабжения.

2. Получено уравнение однопараметрической регрессии зависимости коэффициента теплопроводности аэрогелевой тепловой изоляции от средней температуры материала.

3. Низкое значение коэффициента теплопроводности материала свидетельствует о высокой его энергоэффективности. Применение тепловой изоляции на основе аэрогеля позволит снизить тепловые потери не менее, чем на 47% по сравнению с применяемыми в системах теплоснабжения теплоизоляционными материалами.

REFERENCES

1. Baikov I.R., Smorodova O.V., Kitaev S.V. Investigation of properties of liquid ceramic thermal insulation materials. *Nanotehnologii v stroitel'stve* = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 5, pp. 106–121. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-5-106-121. (In Russian).
2. Kistler S.S. Coherent expanded aerogels and jellies. *Nature*. 1931. Vol. 127 (3211). P. 741.
3. Pimenov V.G., Sheveleva Ye.Ye., Sakharov A.M. Ustanovka dlya sverkhkriticheskoy sushki: izgotovleniye, opyt raboty i polucheniye nizkoplotnykh polimernykh aerogeley [Installation for supercritical drying: manufacturing, work experience and obtaining low-density polymer airgels]. *Sverkhkriticheskiye flyuidy: Teoriya i praktika* [Supercritical fluids: Theory and practice]. 2011. Vol. 6. No. 4. Pp. 77–87. (In Russian).
4. Pierre A.C., Pajonk G.M. Chemistry of Aerogels and Their Applications. *Chem. Rev.* 2002. V. 102. pp. 4243–4265.
5. Rubtsov I.V., Denisov I.A., Varlamov B.S. Aerogel' – material budushchego [Airgel – the material of the future]. V sbornike: V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh, posvyashchennaya 54-y godovshchine poleta YU.A. Gagarina v kosmos sbornik nauchnykh statey. Filial VUNTS VVS «VVA» imeni professora N.Ye. Zhukovskogo i YU.A. Gagarina [In the collection: V International scientific and practical conference of young scientists dedicated to the 54th anniversary of the flight of Yu.A. Gagarin in space collection of scientific articles. Branch of VUNC Air Force “VVA” named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin] (Krasnodar). 2015. C. 63–67. (In Russian).
6. Hwang S.E., Jang H.H., Hyun H.H., Ahn Y.S. Effective preparation of crack-free silica aerogels via ambient drying. *J. Sol-Gel Sci. Techn.* 2007. No. 41. Pp. 139–146.
7. Yokogawa H. Thermal Conductivity of Silica Aerogels. *Handbook of Sol-Gel Science & Technology*, vol. 2(13). 2005. Kluwer Academic Publishers, New York, USA.
8. Dowson M., Harrison D., Craig S., Gill Z. Improving the Thermal Performance of Single Glazed Windows using Translucent Granular Aerogel. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2011. No. 4(3). Pp. 266–280.
9. Men'shutina N.V., Katalevich A.M., Smirnova I. Polucheniye aerogeley na osnove dioksida kremniya metodom sverkhkriticheskoy sushki [Obtaining airgels based on silicon dioxide by the method of supercritical drying]. *Sverkhkriticheskiye flyuidy: Teoriya i praktika* [Supercritical fluids: Theory and practice.] 2013. Vol. 8. No 3. Pp. 49–55. (In Russian).
10. Pustovgar A.P., Vedenin A.D. Teploizolyatsionnyye nanokompozity na osnove aerogelya kremnezema [Heat-insulating nanocomposites based on silica airgel]. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region]. 2013. No 1. Pp. 252–254. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_18800022_16720559.pdf. (accessed: 10.08.2019).
11. Buznik V.M., Kablov Ye.N., Koshurina A.A. Materialy dlya slozhnykh tekhnicheskikh ustroystv arkticheskogo primeneniya [Materials for complex technical devices of Arctic use]. *Nauchno-tehnicheskkiye problemy osvoyeniya Arktiki* [Scientific and technical problems of Arctic development] RAN. M.: Nauka, [RAS. M.: Nauka,] 2015. Pp. 275–285. (In Russian).
12. Dolbin A.V., Khlystyuk M.V., Yesel'son V.B., Gavrilko V.G., Vinnikov N.A., Basnukayeva R.M. Sorbtziya vodoroda kremniyoksidnym aerogelem pri nizkikh temperaturakh [Hydrogen sorption by silicon oxide airgel at low temperatures]. *Fizika nizkikh temperature* [Low Temperature Physics] 2018. Vol. 44. No 2. Pp. 191–196. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_32266236_44926583.pdf. (accessed: 10.08.2019).
13. Men'shutina N.V., Katalevich A.M., Lebedev A.Ye. Nanostrukturirovannyye materialy na osnove dioksida kremniya: aerogel', kserogel', kriogel' [Nanostructured materials based on silicon dioxide: airgel, xerogel, cryogel]. *Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki* [Natural and technical sciences.] 2013. No. 2 (64). Pp. 374–376. (In Russian).
14. Ismail A.A., Ibrahim I.A. Impact of supercritical drying and heat treatment on physical properties of titania/silica aerogel monolithic and its applications. *J. Applied Catalysis A: General*. 2008. Vol. 346 (1–2). Pp. 200–205.
15. Kwon Y.G., Choi S.Y., Kang E.S., Baek S.S. Ambient-dried silica aerogel doped with TiO₂ powder for thermal insulation. *J. Mater. Sci.* 2000. No. 35. Pp. 6075–6079.
16. Ivanov N.N., Ivanov A.N. Teploizolyatsionnyy aerogel' i p'yezoaktivnaya plenka PVDF – sovremennyye, perspektivnyye materialy dlya kosmicheskoy tekhniki i kosmicheskogo priborostroyeniya [Heat-insulating airgel and piezoactive PVDF film – modern, promising materials for space technology and space instrument engineering]. *Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina* [Issue NPO after S.A. Lavochkin.] 2011. No 2 (8). Pp. 46–52. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_16386904_43616464.pdf. (accessed: 10.08.2019).
17. Kuznetsova Ye.V., Turumtayev G.R., Khristolyubova D.V. Ekonomicheskoye obosnovaniye primeneniya sovremennykh teploizolyatsionnykh materialov v stroitel'noy otrasli [The economic rationale for the use of modern thermal insulation materials in the construction industry]. *Yevraziyskiy yuridicheskiy zhurnal* [Eurasian Law Journal.] 2018. No. 11 (126). Pp. 393–394. (In Russian).
18. Askhadullin R.Sh., Osipov A.A., Gulevskiy V.A., Ul'yanov V.V., Ivanov I.I., Kharchuk S.Ye. Issledovaniye mekhanizmov sinteza anizotropnykh nanostruktur v zhidkikh metallakh. Svoystva i perspektivnyye oblasti ikh primeneniya [Study of the synthesis mechanisms of anisotropic nanostructures in liquid metals. Properties and promising areas of their application]//V sbornike: Trudy regional'nogo konkursa proyektov fundamental'nykh nauchnykh issledovaniy [In the collection: Proceedings of the regional competition of fundamental scientific research projects] Kaluga, 2016. Pp. 84–97. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_28430107_60072610.pdf. (accessed: 10.08.2019).
19. Razd'yakonova G.I., Kokhanovskaya O.A., Likholobov V.A. Sintez poroshkov aerogel'nogo tipa na osnove tekhnicheskogo ugleroda [Synthesis of airgel-type powders based on carbon black]. *Perspektivnyye materialy* [Promising material]. 2014. No. 8. Pp. 68–74. (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_21844829_77073953.pdf. (accessed: 10.08.2019).

20. Martynov P.N., Askhadullin R.SH., Yudin P.A. Aerogel' ALOOH: polucheniye, svoystva, primeneniye [Aerogel ALOOH: production, properties, application]. Nanotekhnika [Nanotechnology]. 2006. No. 1 (5). Pp. 35–41. (In Russian).
21. Vedenin A.D., Vityaz' P.A., Galinovskiy A.L., Ivanova I.S., Mazalov YU.A., Pustovgar A.P., Sudnik L.V. Eksperimental'noye issledovaniye teploizolyatsionnykh aerogel'nykh kompozitov gidrotermal'nogo reaktora [An experimental study of heat-insulating aerogel composites of a hydrothermal reactor]. Tekhnologiya metallov [Metal Technology]. 2016. No. 4. Pp. 43–47. (In Russian).
22. Kiyamov I.K., Vachitova R.I., Saracheva D.A., Mazankina D.V., Sitdikova I. P. The use of nanomaterials in pipe insulation. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 2, pp. 194–202. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-194-202.
23. Saati T. Prinyatiye resheniy pri zavisimostyakh v obratnykh svyazyakh: Analiticheskiye seti [Decision making with dependencies in feedbacks: Analytical networks]/ per. s angl.; nauch. red. A.V. Andreychenkov, O.N. Andreychenkova [trans. from English; scientific ed. A.V. Andreychenkov, O.N. Andreychenkova]. Moskva. Izdatel'stvo LKI [Moscow: Publishing house LCI], 2008. 360 p. (In Russian).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков И.Р., Смородова О.В., Китаев С.В. Исследование свойств жидких керамических теплоизоляционных материалов // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Т.10, № 5. – С. 106–121. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36402454_87767770.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).
2. Kistler S.S. Coherent expanded aerogels and jellies // Nature. 1931. Vol. 127 (3211). P. 741.
3. Пименов В.Г., Шевелева Е.Е., Сахаров А.М. Установка для сверхкритической сушки: изготовление, опыт работы и получение низкоплотных полимерных аэрогелей // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. – 2011. – Т. 6, № 4. – С. 77–87.
4. Pierre A. C., Pajonk G. M. Chemistry of Aerogels and Their Applications // Chem. Rev. 2002. V. 102. pp. 4243–4265.
5. Рубцов И.В., Денисов И.А., Варламов Б.С. Аэрогель – материал будущего // V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: сборник научных статей. – Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Краснодар). – 2015. – С. 63–67.
6. Hwang S.E., Jang H.H., Hyun H.H., Ahn Y.S. Effective preparation of crack-free silica aerogels via ambient drying. J. Sol-Gel Sci. Techn. 2007. No. 41. Pp.139–146.
7. Yokogawa H. Thermal Conductivity of Silica Aerogels. – Handbook of Sol-Gel Science & Technology, vol. 2(13). 2005. Kluwer Academic Publishers, New York, USA.
8. Dowson M., Harrison D., Craig S., Gill Z. Improving the Thermal Performance of Single Glazed Windows using Translucent Granular Aerogel. International Journal of Sustainable Engineering. 2011. No. 4(3). Pp. 266–280.
9. Меньшутина Н.В., Катаевич А.М., Смирнова И. Получение аэрогелей на основе диоксида кремния методом сверхкритической сушки // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. – 2013. – Т. 8, № 3. – С. 49–55.
10. Пустовгар А.П., Веденин А.Д. Теплоизоляционные наноконкомпозиты на основе аэрогеля кремнезема // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 252–254. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18800022_16720559.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).
11. Бузник В. М., Каблов Е. Н., Кошурина А. А. Материалы для сложных технических устройств арктического применения // Научно-технические проблемы освоения Арктики. – РАН. – М.: Наука, 2015. – С. 275–285.
12. Долбин А.В., Хлыстюк М.В., Есельсон В.Б., Гаврилко В.Г., Винников Н.А., Баснукаева Р.М. Сорбция водорода кремнийоксидным аэрогелем при низких температурах // Физика низких температур. – 2018. – Т. 44, № 2. – С. 191–196. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_32266236_44926583.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).
13. Меньшутина Н.В., Катаевич А.М., Лебедев А.Е. Наноструктурированные материалы на основе диоксида кремния: аэрогель, ксерогель, криогель // Естественные и технические науки. – 2013. – № 2 (64). – С. 374–376.
14. Ismail A.A., Ibrahim I.A. Impact of supercritical drying and heat treatment on physical properties of titania/silica aerogel monolithic and its applications. J. Applied Catalysis A:General. 2008. Vol. 346(1–2). Pp. 200–205.
15. Kwon Y.G., Choi S.Y., Kang E.S., Baek S.S. Ambient-dried silica aerogel doped with TiO₂ powder for thermal insulation. J. Mater. Sci. 2000. No. 35. Pp. 6075–6079.
16. Иванов Н.Н., Иванов А.Н. Теплоизоляционный аэрогель и пьезоактивная пленка PVDF – современные, перспективные материалы для космической техники и космического приборостроения // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2011. – № 2 (8). – С. 46–52. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16386904_43616464.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).
17. Кузнецова Е.В., Турмутаев Г.Р., Христюкова Д.В. Экономическое обоснование применения современных теплоизоляционных материалов в строительной отрасли // Евразийский юридический журнал. – 2018. – № 11 (126). – С. 393–394.
18. Асхадуллин Р.Ш., Осипов А.А., Гулевский В.А., Ульянов В.В., Иванов И.И., Харчук С.Е. Исследование механизмов синтеза анизотропных наноструктур в жидких металлах. Свойства и перспективные области их применения // Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. – Калуга, 2016. – С. 84–97. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_28430107_60072610.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).

19. Раздьяконова Г.И., Кохановская О.А., Лихолобов В.А. Синтез порошков аэрогельного типа на основе технического углерода // Перспективные материалы. — 2014. — № 8. — С. 68–74. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21844829_77073953.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).
20. Мартынов П.Н., Асхадуллин Р.Ш., Юдинцев П.А. Аэрогель ALOOH: получение, свойства, применение // Нанотехника. — 2006. — № 1 (5). — С. 35–41.
21. Веденин А.Д., Витязь П.А., Галиновский А.Л., Иванова И.С., Мазалов Ю.А., Пустовгар А.П., Судник Л.В. Экспериментальное исследование теплоизоляционных аэрогельных композитов гидротермального реактора // Технология металлов. — 2016. — № 4. — С. 43–47.
22. Киямов И.К., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Мазанкина Д.В., Ситдикова И.П. Применение наноматериалов в теплоизоляции трубопроводов // Нанотехнологии в строительстве. — 2019. — Т. 11, № 2. — С. 194–202. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_37529008_95204141.pdf. (дата обращения: 10.08.2019).
23. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети // А.В. Андрейченков, О.Н. Андрейченкова. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

Andrey Yu. Trofimov, PhD in Engineering, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, trofimov_pte@mail.ru

Elena V. Kuznetcova, PhD in Engineering, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technological University; Russia, Bashkortostan Republic, Ufa, nsp-rb@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

Трофимов Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, trofimov_pte@mail.ru

Кузнецова Елена Викторовна, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; Россия, г. Уфа, Республика Башкортостан, nsp-rb@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: olga_smorodova@mail.ru

VI Moscow international financial and economic forum «The Eurasian Economic Union and the EU: search for new formats of cooperation»

On November 22, 2019 the Sixth Moscow International Financial and Economic Forum «The Eurasian Economic Union and the EU: search for new formats of cooperation» will be held in Moscow.

The Forum is supported by the leading economic and financial structures of Europe and Asia.

In the last 6 years the Forum brought together more than 1000 representatives of business communities from 38 countries of EUROPE, ASIA and AFRICA and allowed to discuss the hottest issues related to Eurasian integration and the formation of the Eurasian Economic Union.

The invited participants of the Forum are the representatives of international development institutes, financial associations and organizations, the leaders of sectoral business unions, top managers of the largest Russian and foreign companies, international experts in finance and economy, representatives of the banking, customs and logistics, insurance sectors, investment and commercial structures of countries-members of the EAEU and the EU.

Sessions of the Forum:

- «Innovations and investments in high tech»;
- «Digital banking: from classical banking to financial ecosystems»;
- «France – EAEU: prospects of investment cooperation»;
- «Gold-mining and jewelry industries – new opportunities and technologies» and other.

November 22 – THE SIXTH MOSCOW INTERNATIONAL FINANCIAL AND ECONOMIC FORUM



On November 22, 2019 the Sixth Moscow International Financial and Economic Forum "The Eurasian Economic Union and the EU: search for new formats of cooperation" will be held in Moscow.

The Forum is supported by the leading economic and financial structures of Europe and Asia.

In the last 6 years the Forum brought together more than 1000 representatives of business communities from 38 countries of EUROPE, ASIA and AFRICA and allowed to discuss the hottest issues related to Eurasian integration and the formation of the Eurasian Economic Union.

The invited participants of the Forum are the representatives of international development institutes, financial associations and organizations, the leaders of sectoral business unions, top managers of the largest Russian and foreign companies, international experts in finance and economy, representatives of the banking, customs and logistics, insurance sectors, investment and commercial structures of countries-members of the EAEU and the EU.

We invite you to take part in the event.

For details please contact the Forum Organizing Committee

+7 (495) 663-02-08, 663-02-13; e-mail: sgk@fbacs.com, tkd@fbacs.com, s.arkhipova.fbacs@mail.ru

More information is available on the website <https://www.fbacs.com/>

VI Московский международный финансово-экономический форум «ЕАЭС и ЕС: поиск новых форматов сотрудничества»

22 ноября 2019 года в Москве состоится VI-й Московский международный финансово-экономический форум «ЕАЭС и ЕС: поиск новых форматов сотрудничества».

Проведение данного форума поддержано ведущими экономическими и финансовыми структурами стран Европы и Азии.

За прошедшие 6 лет Форум собрал свыше 1000 представителей бизнес-сообществ из 38 стран Европы, Азии и Африки и позволил обсудить наиболее актуальные вопросы, связанные с проблемами Евразийской интеграции и созданием Евразийского экономического союза.

К участию в форуме приглашены представители международных институтов развития, финансовых объединений и организаций, руководители отраслевых объединений бизнеса, топ-менеджеры ведущих российских и зарубежных компаний, международные эксперты в области финансов и экономики, представители банковского, таможенно-логистического и страхового сообществ, инвестиционные и коммерческие структуры стран, входящих в объединения ЕАЭС и ЕС.

Темы секционных заседаний:

- «Инновации и инвестиции в сфере высоких технологий»;
- «Цифровой банкинг: от классического банкинга до финансовых экосистем»;
- «Франция – ЕАЭС: перспективы инвестиционного сотрудничества»;
- «Золотодобывающая и ювелирная отрасли – новые возможности и технологии» и др.

22 ноября VI-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРУМ



наиболее актуальные вопросы, связанные с проблемами Евразийской интеграции и созданием Евразийского Экономического Союза.

К участию в форуме приглашены представители международных институтов развития, финансовых объединений и организаций, руководители отраслевых объединений бизнеса, топ-менеджеры ведущих российских и зарубежных компаний, международные эксперты в области финансов и экономики, представители банковского, таможенно-логистического и страхового сообществ, инвестиционные и коммерческие структуры стран, входящих в объединения ЕАЭС и ЕС.

Приглашаем Вас принять участие в мероприятии.

О своем решении просьба сообщить в оргкомитет форума:

по тел.: +7 (495) 663-02-08, 663-02-13;

по e-mail: sgk@fbacs.com, tkd@fbacs.com, s.arkhipova.fbacs@mail.ru.

Более подробная информация – на сайте <https://www.fbacs.com/>

ON THE OBSERVANCE OF PUBLISHING ETHICS BY THE EDITORS OF ELECTRONIC EDITION «NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A SCIENTIFIC INTERNET-JOURNAL» AND THE STATEMENT OF PREVARICATION ABSENCE.

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

DECLARATION OF THE OPEN ACCESS JOURNAL.

General statements

These are the principle ethical regulations which are observed by the editors of electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal»:

1. Editorial Council, Editorial Board and the editorial staff follow the politics aimed at observance of ethical publishing principles and admit that controlling observance of ethical publishing principles is one of the main tasks in reviewing and publishing activities.

2. No plagiarism is allowed. That concerns the case when the author submits published or unpublished paper by other authors under his name as well as the case when the author misappropriates one's ideas. If the author uses the fragments borrowed from other sources in his paper, he should make a reference to these sources. The examples of the references are given in the section «For the authors».

3. The editors publish the papers of the authors from all countries and of all nationalities who deal with the problem determined by the editorial policy.

4. The editors don't cooperate with the authors who have ever been caught in plagiarism in his papers submitted to the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» or other editions if this fact will be revealed.

5. The editors use software to reveal plagiarism related to the papers available in Internet.

6. The editors will be grateful to the readers for any information concerning revealed elements of plagiarism and breaking of ethical rules by the authors. This information will be published in the edition.

7. The editors undertake obligations not to publish papers appealing for terrorism and containing xenophobia and offences of other authors or citizenry.

8. At least three experts evaluate quality of the paper. External blind paper review is performed by two invited experts with corresponding specialty and Doctor degree. The editors send paper to the experts without author's information and the review form to fill. The papers are reviewed for free and voluntary. In case of positive external review the paper is sent to a member of Editorial Council or Editorial Board for further evaluation. The paper is recommended for publication in case of three positive review.

9. Among the requirements to be met by the reviewers there is plagiarism elements disclosure. The reviewers' duties are given in the section «For the reviewers».

10. Unreviewed papers or editorial materials are marked by proper references.

11. The journal allows authors to keep author's rights and their rights on publication without restrictions.

12. The authors of the materials published in the journal permit using their content according to the license Creative Commons CC-BY «Attribution». This kind of license allows other people to distribute, edit, correct and base on the work of the authors, even with commercial purpose, while the authors mention them as co-authors. The license is recommended to distribute widely and use licensed materials. More details about the license Creative Commons CC-BY are available here <http://creativecommons.ru/>.

13. Declaration of the Open Access journal. The editors follow the politics of «open access» for the published materials. According to the Budapest Open Access Initiative (BOAI) the editors consider free access to the published materials in Internet and the right of each user to read, download, copy, distribute, print, search or link to the full

text papers, search with indexer robot, enter them as data in software or use them for other legal purpose without financial, law or technical obstacles excluding those that regulate access to the Internet itself. The only restriction for reproduction and distribution and the only condition of copyright in this area must be the author's right to control the entity of his work and obligatory links to his name when his work is used and cited.

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

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

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

Every paper must contain the following information: place of work (university (institute), enterprise and other types of organizations, city, and country), position, academic degree, academic title, full postal address and email that allows scientists and specialists from different countries to contact authors.

Each paper is assigned UDC, DOI and metadata of the paper contains machine-readable information on CC-licenses (HTML-code), other identifiers of the materials.

14. The detailed information about publication ethics, the material reviewing procedure, license principles, declaration of Open Access journal, observance of author and joint rights to follow is presented in international standards, laws of the Russian Federation, professional codes, and guidelines. One of them is International standards of the 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.

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 first primary sources and materials relating to the submitted paper. Materials must be kept for 1 year after the paper has been published.

4. Every paper published in the journal is peer-reviewed to confirm its originality and correspondence to paper format guidelines. The use of other scientists' results and thoughts must be done in a proper form. No plagiarism is allowed. The authors must confirm the fact that the paper is published for the first time or they ask to publish it for the second time.

5. The information obtained in informal way, for example, in private discussion or correspondence, cannot be presented in the paper without written permission of the source of information. The information which source is a private activity, in particularly, reviewing of manuscripts or grant applications, cannot be used in the paper without written permission of the authors.

6. Republication of the paper on the editorial council's (or editorial council's) own initiative is made in agreement with the authors, editors and holder of the intellectual property right on the paper. In the case of the paper republication the publisher is to make a statement on that.

To submit a paper with co-authors is possible if all persons indicated as co-authors made their contribution to development of the concept, design, performance or interpretation of the described research.

If the contribution of a person who cooperated on the research described in the paper is not enough significant to regard him as a co-author, he should be acknowledged in the paper.

The paper publication for post-graduates is free of charge.

7. The contact author must provide reading and approval of the final version of the paper by all co-authors, as well as their approval to the publication.

8. In the case of conflict of interests including potential one the author or co-authors must inform the editors as soon as possible. When a principle mistake or inaccuracies have been revealed in the issued paper by the author himself, he must urgently inform the executive editor and render editor-in-chief efficient assistance to publish disproof or correction. If the editor-in-chief gets the information on the serious mistake contained in the paper from the third person, the author must present urgent disproof of that at the same time producing proofs of his rightfulness to the executive editor (or to the editor-in-chief) and provide necessary changes.

9. The authors should be aware of the fact that the editors, the editorial council and the editorial board of the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» take the responsibility for the assistance to scientific community to observe all aspects of publishing ethics, particularly in the cases of paper duplication or plagiarism.

10. The authors of the published materials are responsible for the reliability of the given information and the use of the data which are not to be issued in public. The editors have the right to make corrections. The editors' opinion can be different from the authors' opinion; the materials are published to discuss the problems of current importance. The editors are not responsible for any information contained in advertisement.

11. Having reviewed the submitted materials, the editors notify the authors of their decision by email. If the paper has been rejected, the editors send reasoned refusal to the author.

12. Any full 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) / **SECTION** (In Russian)

DOI
UDC

Title (In English)

Author(s):

Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country), position (In English), email of each author

Abstract: the source of information, which is independent on the paper and which allows Russian and foreign specialists to make conclusion about the quality of the content of the paper (extended abstracts must be informative, original, contain main results of research, structured, compact – 200–250 words) (In English)

Keywords: (In English)

Acknowledgements: (if available) (In English)

For citation: (In English)

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

The paper has been received by editors:

The paper has been received by editors

after peer-review:

The paper has been accepted for publication:

Title (In Russian)

Author(s): Place of employment for each author (university (institute), enterprise or other companies, city, country), position, (In Russian), email of each author

Abstract: the source of information, which is independent on the paper and which allows Russian and foreign specialists to make conclusion about the quality of the content of the paper (extended abstracts must be informative, original, contain main results of research, structured, compact – 200–250 words) (In Russian)

Keywords: (In Russian)

Acknowledgements: (if available) (In Russian)

For citation: (In Russian)

Text of the paper: (In English)

- INTRODUCTION
- MAIN PART
- CONCLUSION

Text of the paper: (In Russian)

- INTRODUCTION
- MAIN PART
- CONCLUSION

References: (In English)

References: (In Russian)

Information about the author(s): (In English)

Information about the author(s): (In Russian)

Contacts:

Appendix 4

Reference Formats (according to guidelines of VINITI RAN)

References are given after the text of the paper. The references in the list must be numbered.

Description of a Paper from Electronic Journal:

Falikman V.R., Vainer A.Y. Photocatalytic Cementitious Composites Containing Mesoporous Titanium Dioxide Nanoparticles. 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/apa-style-help.aspx> (accessed 5 February 2013).

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources)

Available at:

<http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2013).

Description of Thesis or Abstract of Thesis:

Semenov V.I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Dokt. Diss. [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Doct. Diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Description of State Standard (GOST):

State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russian).

Description of Patent:

Ponomarev A.N., Seredokho V.A., Sofronov A.Yu. Construction structural element. RF Patent 2683836 C1. 2019. Bulletin № 10.

Description of Unpublished Document:

Pressure generator GD-2M. Technical description and user manual. Zagorsk, Res. Inst. of Appl. Chem. Publ., 1975. 15 p. (In Russian, unpublished).

О СОБЛЮДЕНИИ РЕДАКЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ- ЖУРНАЛ» ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ЭТИКИ И ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЯ СЛУЖЕБНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ.

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

ДЕКЛАРАЦИЯ OPEN ACCESS ЖУРНАЛА

Общие положения

Основные этические нормы, которые соблюдает редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал»:

1. Редакционный совет, редакционная коллегия, коллектив редакции поддерживают политику, направленную на соблюдение принципов издательской этики, и признают, что отслеживание соблюдения принципов издательской (редакционной) этики является одной из главных составляющих рецензирования и издания.

2. Недопустимым является плагиат, в какой бы то ни было форме. Это касается как представления к публикации под своим именем прежде опубликованных или неопубликованных работ других авторов, так и присвоения чужих идей. В случае заимствования фрагментов чужих работ автор должен указать источник. Примеры библиографических ссылок приведены в разделе «Авторам».

3. Редакция публикует статьи авторов всех стран и национальностей, которые исследуют проблематику, определенную редакционной политикой.

4. Редакция не сотрудничает с авторами, которые когда-либо допустили случаи плагиата в статьях, представленных в электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» или других изданиях, если таковое станет известным.

5. Редакция использует программные средства и обеспечение для выявления плагиата из работ, имеющих-ся 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 прав, 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.

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 редколлегии без письменного разрешения автора. Конфиденциальная информация или идеи, полученные при рецензировании, должны храниться в секрете и не использоваться для получения личной выгоды.

Главному редактору следует отказаться от своего участия в рецензировании в случае, если присутствует конфликт интересов, проистекающий из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, компаний или учреждений, имеющих отношение к статье.

Главному редактору следует требовать от всех авторов журнала предоставлять сведения о соответствующих конкурирующих интересах и публиковать исправления, если конфликт интересов был разоблачен после публикации. В случае необходимости, может выполняться другое подходящее случаю действие, такое как публикация опровержения или выражения озабоченности.

Изучение жалоб этического характера. Главному редактору следует принимать разумно быстрые меры при поступлении жалоб этического характера в отношении представленной рукописи или опубликованной статьи, имея контакт с редакцией, издателем.

Рецензентам

Рецензирование помогает главному редактору при принятии решения об опубликовании работы статьи (обзора), а благодаря замечаниям и предложениям рецензентов может также помочь автору улучшить его работу. Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» привлекает рецензентов из числа внешних экспертов. Рецензирование должно обеспечить оценку научной значимости и оригинальности представленной рукописи. Авторы рукописей, представленных к опубликованию, признают целесообразность и необходимость рецензирования. Соглашаясь на рецензирование, будущий рецензент берет на себя следующие обязательства.

Оперативность. Лица, к которым обратились члены редакции через главного редактора относительно рецензирования рукописей научных работ, имеют моральные обязательства относительно ее оперативной оценки. При невозможности представления рецензии в установленный срок, об этом информируют главного редактора и назначают нового рецензента.

Конфиденциальность. Каждая полученная для рецензирования рукопись должна рассматриваться как конфиденциальный документ. Ее не просматривают и не обсуждают с другими лицами, кроме лиц, уполномоченных главным редактором.

Объективность. Рецензии должны выполняться объективно. Недопустимы личностные нападки на автора. Рецензенту следует выражать свою точку зрения ясно и обоснованно.

Оценка ссылок. Факт отсутствия ссылок в рукописи, представленной для опубликования, должен быть отмечен и оценен рецензентом. В случае сходства или частичного совпадения рукописи с известными рецензенту публикациями, на которые отсутствуют ссылки, это должно быть также указано рецензентом. Примеры библиографических ссылок приведены в разделе «Авторам».

Выявление плагиата. Рецензент, в случаях подозрения по поводу дублирования статьи или плагиата, должен указать об этом в рецензии.

Этические нормы. Конфиденциальная информация и идеи рецензированной статьи не должны разглашаться. Материалы рецензированной статьи не должны использоваться для получения личной выгоды рецензента. Рецензент соблюдает норму, согласно которой он не использует в собственной работе и публикациях идеи и положения рецензированной им статьи без письменного согласия ее автора.

Рецензенту следует отказаться от своего участия в рецензировании в случае, если присутствует конфликт интересов, проистекающий из конкуренции, сотрудничества или других отношений с кем-либо из авторов, компаний или учреждений, имеющих отношение к статье.

Редакция может, по запросу, направлять рецензии в ВАК РФ, а также в международные системы цитирования (базы данных) для оценки качества публикуемых статей и процесса рецензирования в целом.

В частности, редакция подтверждает свое согласие на передачу и размещение на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU вместе с Лицензионным материалам журнала следующих материалов:

- тексты рецензий для пользователей библиотеки;
- фамилии и данные о рецензентах для пользователей библиотеки.

Авторам

1. Авторы представляют в редакцию:

- рукописи в электронном виде (по электронной почте info@nanobuild.ru) в соответствии с правилами оформления текстовых и графических материалов, приведенными в **Приложении 1**. Тематика публикуемых материалов должна соответствовать заявленной редакцией электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» в **Приложении 2**. Представляемые статьи должны соответствовать структуре, приведенной в **Приложении 3**.
- сопроводительное письмо (редакция высылает авторам образец по их предварительному запросу).

Авторы публикуемых в журнале материалов допускают использование контента в соответствии с лицензией Creative Commons CC-BY «Attribution» («Атрибуция»); согласны с присвоением каждой статье UDC, DOI, с размещением машиночитаемой информации о CC-лицензии (HTML-код) в метаданных статья, 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. Библиографический список приводится после текста статьи. Примеры оформления библиографических ссылок даны в **Приложении 4**.

При написании статьи следует соблюдать принципы профессиональной этики, проявлять компетентность, объективность и ответственность.

3. Редакция, редакционный совет или редакционная коллегия могут попросить авторов предоставить все первоисточники и материалы, имеющие отношение к написанию публикуемой статьи. Материалы должны храниться в течение 1 года после публикации.

4. Каждая статья, публикуемая в журнале, рецензируется экспертами на предмет оригинальности и соответствия правилам оформления. Использование трудов или мыслей других ученых должно быть оформлено надлежащим образом. Недопустим плагиат в любой форме. Авторы должны подтвердить, что публикуют свою статью впервые или просят осуществить ее повторную публикацию.

5. Информация, полученная неофициально, например, в частном обсуждении или переписке, не может быть представлена в статье без письменного разрешения со стороны источника информации. Информация, источником которой является конфиденциальная деятельность, в частности рецензирование рукописей или заявок на получение грантов, не может быть использована в статье без письменного согласия авторов.

6. Переиздание статьи по инициативе редакционного совета (редакционной коллегии) журнала осуществляется с согласия авторов, редакции и обладателя права интеллектуальной собственности на статью. В случае повторной публикации статьи издатель делает соответствующее сообщение об этом.

Представление статьи в соавторстве возможно, если все лица, указанные как соавторы, сделали значительный вклад в разработку концепции, планирование, выполнение или интерпретацию описываемого исследования. В случае если вклад лица, определенным образом содействовавшего освещению в статье исследованию, не настолько существенен, чтобы включить его в соавторы, ему должна быть высказана признательность. Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.

7. Автор-корреспондент должен обеспечить прочтение и одобрение всеми соавторами окончательной версии статьи, а также их согласие на публикацию.

8. При наличии конфликта интересов, в том числе и потенциального, автор или соавторы должны информировать издателя как можно раньше. При выявлении принципиальных ошибок или неточностей в своей уже опубликованной работе автор обязан срочно сообщить об этом шеф-редактору и оказать максимальное со-

действие главному редактору журнала для публикации опровержения либо исправлений. В случае получения главным редактором информации от третьих лиц о содержащейся в опубликованной работе существенной ошибке автор обязан представить срочное опровержение с предоставлением главному редактору (шеф-редактору) доказательств своей правоты или необходимые исправления.

9. Авторы должны осознавать, что редакция, редакционный совет и редакционная коллегия электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный Интернет-журнал» берут на себя обязательства помогать научному сообществу в соблюдении всех аспектов издательской этики, особенно в случаях подозрения по поводу дублирования статьи или плагиата.

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

11. После рассмотрения материалов редакция уведомляет авторов о своем решении электронным письмом. В случае если статья не подлежит публикации, редакция направляет автору мотивированный отказ.

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

Уважаемые авторы!
Просьба в целях экономии времени следовать
правилам оформления статей в журнале.

Приложение 1

Правила оформления материалов

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

1. Текст статьи.

- Объем статьи – не менее 3 и не более 10 страниц формата 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.
- Подписи под рисунками (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) /
РУБРИКА (на русском языке)

DOI
УДК

Заглавие (на английском языке)

Автор(ы): обязательное указание места работы каждого автора (университет (институт), предприятие и другие организации, город, страна), должности (на английском языке), электронный адрес

Резюме: независимый от статьи источник информации, который позволяет российским и зарубежным специалистам сделать вывод о качестве и содержании статьи (резюме должны быть информационными, оригинальными, содержать основные результаты исследований, структурированными, компактными – укладываться в 200–250 слов) (на английском языке)

Ключевые слова: (на английском языке)

Благодарности: (при наличии) (на английском языке)

Для цитирования: (на английском языке)

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

Статья поступила в редакцию:
Статья поступила в редакцию
после рецензирования:
Статья принята к публикации:

Заглавие (на русском языке)

Автор(ы): обязательное указание места работы каждого автора (университет (институт), предприятие и другие организации, город, страна), должности (на русском языке), электронный адрес

Резюме: независимый от статьи источник информации, который позволяет российским и зарубежным специалистам сделать вывод о качестве и содержании статьи (резюме должны быть информационными, оригинальными, содержать основные результаты исследований, структурированными, компактными – укладываться в 200–250 слов) (на русском языке)

Ключевые слова: (на русском языке)

Благодарности: (при наличии) (на русском языке)

Для цитирования: (на русском языке)

Текст статьи (на английском языке)

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

Текст статьи (на русском языке)

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

Список литературы: (на английском языке)

Список литературы: (на русском языке)

Информация об авторе(ах): (на английском языке)

Информация об авторе(ах): (на русском языке)

Контакты:

Приложение 4

Оформление библиографических ссылок (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и ГОСТ Р 7.0.7–2009)

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

Описание статьи из электронного журнала:

Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Фотокаталитические цементные композиты, содержащие мезопористые наночастицы диоксида титана // Нанотехнологии в строительстве. 2014. – Том 6, № 1. – С. 14–26. URL: http://nanobuild.ru/ru_RU (дата обращения: _____.).

Справочно: Том 1 – 2009 год; Том 2 – 2010 год; Том 3 – 2011 год; Том 4 – 2012 год; Том 5 – 2013 год; Том 6 – 2014 год; Том 7 – 2015 год; Том 8 – 2016 год и т.д.

Описание статьи из журналов:

Загуренко А.Г., Коротовских В.А., Колесников А.А., Тимонов А.В., Кардымон Д.В. 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).