



## IN THE ISSUE:

## В НОМЕРЕ:

- The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in Advanced Science Index (ASI)
- Materials based on modified gypsum for facade systems
- Efficiency of carbon nanostructures in the composition of wood-polymer composites based on polyvinyl chloride
- Nanotechnology of "intellectualization" of energy accounting and suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings
- Журнал «Нанотехнологии в строительстве» включен в Advanced Science Index (ASI)
- Материалы на основе модифицированного гипса для фасадных систем
- Эффективность углеродных наноструктур в составе древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида
- Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий

[www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)

e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto: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)



## NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

## NANOTEKHNOLOGII V STROITEL'STVE

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ

ISSN 2075-8545 (online)

«Nanotechnologies in Construction» is a peer-reviewed journal.

The main aim of the Journal is to provide information support for the process of invention and practical application of science intensive technologies (mostly nanotechnological products) in construction, communal and housing services, joint areas (industry, power et al.).

### The main tasks:

- 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.).
- 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 Journal has been published since 2009. Frequency: bimonthly.

These are the topics of the papers published in the journal: creation of new functional materials; nanostructured systems strength and penetrability formation theory development; the problems of nanomaterials and nanotechnologies implementation in construction and building materials; diagnostics of building systems nanostructures and nanomaterials; technologies aimed at studying nanomaterial properties; technological principles of nanostructures creation (liquid melts, sol and gel synthesis). The topics may be different, directly or indirectly related to the areas mentioned above.

The journal can also publish: original papers; reviews; discussing materials, comments, other information materials.

The language of publication: English; Russian.

### 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.

### EDITORS

**CHIEF EDITOR – Boris V. GUSEV**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of Department «Construction Materials and Technologies» Russian University of transport, President of the Russian Academy of Engineering and the International Academy of Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Laureate of the USSR and the Russian Federation State Prizes, Laureate of 5 Governmental Prizes of the Russian Federation in the field of science and education, Honored Scientist of Russian Federation, Moscow, Russian Federation

**Contacts:** e-mail: info@nanobuild.ru, info-rae@mail.ru

**DEPUTY CHIEF EDITOR – Leonid A. IVANOV**, Cand. Sci. (Eng.), Russian Academy of Engineering, International Academy of Engineering, Center for New Technologies «NanoStroitelstvo», Moscow, Russian Federation

**Contacts:** e-mail: info@nanobuild.ru, l.a.ivanov@mail.ru

**EXECUTIVE EDITOR – Yulia A. EVSTIGNEVA**, Member of Russian Association of Journalists, Moscow, Russian Federation  
**Contacts:** e-mail: info@nanobuild.ru, evstigneeva.ju@yandex.ru

**HEAD OF DESIGN DEPARTMENT – Andrey S. REZNICHENKO**, Businessman, Moscow, Russian Federation  
**Contacts:** e-mail: info@nanobuild.ru, ras77222@yandex.ru

**CHIEF FOR FOREIGN RELATIONS – Svetlana R. MUMINOVA**, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Russian State University of Tourism and Service, Cherkizovo, Moscow region, Russian Federation

**Contacts:** e-mail: info@nanobuild.ru, muminova@list.ru

## EDITORIAL BOARD

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

**Evgeny M. CHERNYSHOV**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

**Vyacheslav R. FALIKMAN**, Dr. (Mater.), Scientific Research Center «Construction», Structural Concrete Association, International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM), Technical Committee of American Concrete Institute ACI 241 «Nanotechnologies of Concrete», Moscow, Russian Federation

**Oleg L. FIGOVSKY**, Dr. Sci. (Eng.), Israel Polymate research center, Nanotech Industries, Inc., Daly City, California, USA; Migdal HaEmek, Israel

**Zhengyi FU**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Wuhan University of Technology, State Key Lab of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, Wuhan, China

**Leonid A. IVANOV**, Cand. Sci. (Eng.), Russian Academy of Engineering, International Academy of Engineering, Center for New Technologies «NanoStroitelstvo», Moscow, Russian Federation

**Sergei V. KALIUZHNIY**, Dr. Sci. (Chem.), Prof., RUSNANO, Moscow, Russian Federation

**Vadim G. KHOZIN**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Kazan State University of Architecture and Engineering, Department «Technology of Construction Materials, Products and Structures», Kazan, Russian Federation

**Evgeniy V. KOROLEV**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Scientific and Educational center «Nanomaterials and nanotechnologies» Moscow, Russian Federation

**Leonid M. LYNKOV**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Department «Information Security», Minsk, Belarus

**Polad MALKIN**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Ben-Gurion University in the Negev, StartUpLab, Beer-Sheva, Israel

**Viktor S. MECHTCHERINE**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Technical University of Dresden, Institute of Construction Materials, Dresden, Germany

**Surendra P. SHAH**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Northwestern University, Evanston, Illinois, USA

**Vladimir Y. SHEVCHENKO**, Dr. Sci. (Chem.), Professor, Institute of Silicate Chemistry named after I.V. Gribenshchikov of Russian Academy of Sciences, 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, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Pawel SIKORA**, Ph.D., Assistant Professor, West Pomeranian University of Technology, Department of Building Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Szczecin, Poland; Technical University of Berlin, Berlin, Germany

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

**Valeriy I. TELICHENKO**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation

**Larisa A. URKHANOVA**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., East-Siberian State University of Technologies and Management, Department «Production of Building Materials and Wares», Ulan-Ude, Russian Federation

**Li D. XU**, Ph.D., Prof., Old Dominion University, of Information Technologies & Decision Sciences Department; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Norfolk, Virginia, USA

**The 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).

**Founder and Publisher** – Center for New Technologies «Nanostroitel'stvo», Korolev, Moscow region, Russian Federation

**Contacts:** e-mail: i.a.ivanov@mail.ru

**Address of edition:** Russian Federation, 125009, Moscow, Gazetny per., bld. 9, str. 4

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

**Website:** <http://nanobuild.ru/>

**Release date of № 3 (Vol. 13) is 18.06.2021**

## ISSUED WITH SUPPORT OF



RUSSIAN ACADEMY OF ENGINEERING



INTERNATIONAL ACADEMY  
OF ENGINEERING



WUHAN UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY (CHINA)

## CONTENTS

PUBLISHER INFORMATION .....	140
-----------------------------	-----

### TO THE AUTHORS AND READERS

The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in Advanced Science Index (ASI).....	143
---	-----

### CONSTRUCTION MATERIAL SCIENCE

Zhukov A.D., Bessonov I.V., Bobrova E.Yu., Gorbunova E.A., Demissie B.A. Materials based on modified gypsum for facade systems.....	144
--	-----

### DEVELOPMENT OF NEW POLYMER MATERIALS

Abdrakhmanova L.A., Galeev R.R., Khantimirov A. G., Khozin V.G. Efficiency of carbon nanostructures in the composition of wood-polymer composites based on polyvinyl chloride.....	150
---	-----

### REVIEW OF NANOTECHNOLOGICAL INVENTIONS

Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Demenev A.V., Ivanov V.A. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part III.....	158
--	-----

### INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL COOPERATION

Wuhan University of Technology is one of the leading Chinese universities .....	166
---	-----

### PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGY IN CONSTRUCTION

Belozerov V.V., Voroshilov I.V., Denisov A.N., Nikulin M.A., Oleinikov S.N. Nanotechnology of "intellectualization" of energy accounting and suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings. Part 2.....	171
---	-----

### REVIEW OF TECHNOLOGICAL INNOVATION

Lu Y. Technological innovation and the emergence of a new interdisciplinary field – Management Analytics .....	181
---	-----

### THE RESULTS OF THE SPECIALISTS' AND SCIENTISTS' RESEARCHES

Tuktarova I.O., Bolotov R.A. Analysis of the existing methodological approaches to the problem of establishing the boundaries of soil pollution with the main pollutants and metal-containing nanoparticles in the areas of location of unauthorized dumps.....	193
--	-----

PUBLISHING ETHICS .....	201
-------------------------	-----

AUTHOR GUIDELINES .....	205
-------------------------	-----

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: НАУЧНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

NANOTEKHNOLOGII V STROITEL'STVE

ISSN 2075-8545 (online)

«Нанотехнологии в строительстве» – рецензируемый научный журнал.

Основной целью журнала является информационное обеспечение процесса создания и внедрения в мире научно-технических технологий (прежде всего – нанотехнологической продукции) в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).

### Основные задачи:

- Предоставление ученым и специалистам из разных стран возможности публиковать результаты своих исследований и получать информацию о современных технологиях и материалах, высокоеффективном оборудовании в области строительства, жилищно-коммунального хозяйства, смежных отраслей (промышленности, энергетики и др.).
- Информационная поддержка и участие в мероприятиях (форумах, конференциях, симпозиумах, семинарах, выставках, круглых столах и т.д.) по наноиндустрии и прикладным вопросам нанотехнологий в области строительства и жилищно-коммунального хозяйства, имеющих актуальное и перспективное практическое значение.

Журнал издается с 2009 года. Периодичность – 6 номеров в год.

В журнале публикуются работы по следующим темам: создание новых функциональных материалов; разработка теории формирования прочности и непроницаемости наноструктурированных систем; проблемы применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и строительных материалах; диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем; технологии исследования свойств наноматериалов; технологические принципы создания наноструктур (расплавы, золь-гелевый синтез и др.). Тематика статей может быть иной, прямо или косвенно связанной с перечисленными направлениями.

Журнал принимает к публикации: оригинальные статьи; обзоры; дискуссионные материалы, комментарии, другие информационные материалы.

Язык издания: русский; английский.

### 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.

## РЕДАКЦИЯ

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – ГУСЕВ Борис Владимирович**, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» Российского университета транспорта, президент Российской инженерной академии и Международной инженерной академии, член-корреспондент РАН, лауреат Государственных премий СССР и РФ, 5-ти премий Правительства РФ в области науки и образования, заслуженный деятель науки РФ, г. Москва, Российская Федерация  
Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, info-rae@mail.ru

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – ИВАНОВ Леонид Алексеевич**, канд. техн. наук, Российская инженерная академия, Международная инженерная академия, Центр новых технологий «НаноСтроительство», г. Москва, Российская Федерация  
Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, l.a.ivanov@mail.ru

**ШЕФ-РЕДАКТОР – ЕВСТИГНЕЕВА Юлия Анатольевна**, член Союза журналистов России, г. Москва, Российская Федерация  
Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, evstigneeva.ju@yandex.ru

**НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ДИЗАЙНА И ВЕРСТКИ – РЕЗНИЧЕНКО Андрей Сергеевич**, индивидуальный предприниматель, г. Москва, Российская Федерация  
Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, ras77222@yandex.ru

**РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ПО ВНЕШНИМ СВЯЗЯМ – МУМИНОВА Светлана Рашидовна**, канд. техн. наук, доцент, Российский государственный университет туризма и сервиса, пос. Черкизово, Московская область, Российская Федерация  
Контакты: e-mail: info@nanobuild.ru, muminova@list.ru

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Питер Дж. М. БАРТОШ**, профессор, Королевский Университет Белфаста, Технический комитет по нанотехнологиям в строительных материалах РИЛЕМ (2002–2009 гг.), Шотландский центр по нанотехнологиям в строительных материалах (Университет Западной Шотландии), г. Белфаст, Великобритания

**ЧЕРНЫШОВ Евгений Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация

**ФАЛИКМАН Вячеслав Рувимович**, д-р материаловедения, Научно-исследовательский центр «Строительство», ассоциация «Железобетон», Международный союз экспертов и лабораторий по испытанию строительных материалов, систем и конструкций (РИЛЕМ), технический комитет Американского института бетона ACI 241 «Нанотехнологии в бетоне», г. Москва, Российская Федерация

**ФИГОВСКИЙ Олег Львович**, д-р техн. наук, Израильский исследовательский центр Polymate, Nanotech Industries, Inc., г. Дейли-Сити, Калифорния, США; г. Мигдал-ха-Эмек, Израиль

**Фу ДЖЕНЬИ**, д-р техн. наук, профессор, Уханьский технологический университет, Государственная главная лаборатория передовых технологий для синтеза и обработки материалов, г. Ухань, Китай

**ИВАНОВ Леонид Алексеевич**, канд. техн. наук, Российская инженерная академия, Международная инженерная академия, Центр новых технологий «НаноСтроительство», г. Москва, Российская Федерация

**КАЛЮЖНЫЙ Сергей Владимирович**, д-р хим. наук, профессор, ОАО «РОСНАНО», г. Москва, Российская Федерация

**ХОЗИН Вадим Григорьевич**, д-р техн. наук, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций», г. Казань, Российская Федерация

**КОРОЛЁВ Евгений Валерьевич**, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный строительный университет (Национальный исследовательский университет), Научно-образовательный центр «Наноматериалы и нанотехнологии», г. Москва, Российская Федерация

**ЛЫНЬКОВ Леонид Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра «Защита информации», г. Минск, Беларусь

**МАЛКИН Полад**, д-р ф.-м. наук, Университет Бен-Гуриона в Негеве, StartUpLab, г. Беэр-Шева, Израиль

**МЕЩЕРИН Виктор Сергеевич**, д-р техн. наук, профессор, Технический университет Дрездена, Институт строительных материалов, г. Дрезден, Германия

**СУРЕНДРА П. Шах**, д-р техн. наук, профессор, Северо-Западный Университет, г. Эванстон, Иллинойс, США

**ШЕВЧЕНКО Владимир Ярославович**, д-р хим. наук, профессор, Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, Координационный совет по развитию нанотехнологий при Комитете Совета Федерации ФС РФ по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**СИКОРА Павел**, канд. тех. наук, Западно-Поморский технологический университет, кафедра строительной инженерии факультета гражданского строительства и архитектуры, г. Щецин, Польша; Технический университет Берлина, г. Берлин, Германия

**СОБОЛЕВ Константин Геннадиевич**, профессор, Университет Висконсин-Милуоки, технический комитет Американского института бетона ACI 241 «Нанотехнологии в бетоне», г. Милуоки, Висконсин, США

**ТЕЛИЧЕНКО Валерий Иванович**, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный строительный университет (Национальный исследовательский университет), г. Москва, Российская Федерация

**УРХАНОВА Лариса Алексеевна**, д-р техн. наук, профессор, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, кафедра «Производство строительных материалов и изделий», г. Улан-Удэ, Российская Федерация

**ШУЛИДА**, д-р философии, профессор, Университет Олд Доминион, Отдел информационных технологий; Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), г. Норфолк, Вирджиния, США

**Журнал зарегистрирован как самостоятельное средство массовой информации в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации** (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77 – 35813 от 31 марта 2009 г.).

**Учредитель и издатель** – ООО «Центр Новых Технологий «Наностроительство», г. Королев, Московская область, Российская Федерация  
**Контакты:** e-mail: l.a.ivanov@mail.ru

**Адрес редакции:** Российская Федерация, 125009, г. Москва, Газетный пер., дом 9, стр. 4  
**Контакты:** e-mail: info@nanobuild.ru; **Сайт:** <http://nanobuild.ru/>

Дата выхода в свет № 3, Том 13, 2021: 18.06.2021 г.

ИЗДАЕТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ



МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ  
АКАДЕМИИ



УХАНЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ТЕХНОЛОГИЙ (КИТАЙ)

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: научный Интернет-журнал

2021 • Том 13 • № 3

## СОДЕРЖАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СВЕДЕНИЯ .....	140
-----------------------------	-----

### К АВТОРАМ И ЧИТАЛЕЯМ

Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено в Advanced Science Index (ASI) .....	143
--	-----

### СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Жуков А.Д., Бессонов И.В., Боброва Е.Ю., Горбунова Э.А., Демисси Б.А. Материалы на основе модифицированного гипса для фасадных систем .....	144
--	-----

### РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абдрахманова Л.А., Галеев Р.Р., Хантимиров А.Г., Хозин В.Г. Эффективность углеродныхnanoструктур в составе древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида .....	150
--	-----

### ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Деменев А.В., Иванов В.А. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть III ...	158
---	-----

### МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Уханьский университет технологий – один из ведущих китайских университетов.....	166
---	-----

### ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Никулин М.А., Олейников С.Н. Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть II .....	171
---	-----

### ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

Лу Я. Технологические инновации и возникновение новой междисциплинарной области – аналитики менеджмента .....	181
---	-----

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

Туктарова И.О., Болотов Р.А. Анализ существующих методологических подходов к проблеме установления границ почвенного загрязнения основными поллютантами и металлсодержащими наночастицами в районах расположения несанкционированных свалок .....	193
--	-----

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА .....	201
----------------------------	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ .....	205
---------------------------	-----

TO THE AUTHORS AND READERS

## The electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» has been included in Advanced Science Index (ASI)



### Dear authors and readers!

We are glad to inform you that the electronic edition «Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal» (ISSN2075-8545) has been included in international scientometric database **Advanced Science Index ASI** (Germany), link – <http://journal-index.org/index.php/asi/article/view/2504>

The editors of the journal «Nanotechnologies in Construction» reached an agreement with ASI on indexing the journal in 33 Important Online Library/Indexing Directories:

#### 33 Important Online Library/Indexing Directories



*When required, the list can be corrected.*

The editors of the journal invite leading scientists and specialists to publish their materials in the edition. If you have any questions, contact us by e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru).

We are hoping for productive cooperation with you.

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

К АВТОРАМ И ЧИТАТЕЛЯМ

## Электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» включено в Advanced Science Index (ASI)

Уважаемые авторы и читатели журнала!



Сообщаем вам, что электронное издание «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» (ISSN 2075-8545) включено в международную научометрическую базу **Advanced Science Index ASI** (Германия), ссылка – <http://journal-index.org/index.php/asi/article/view/2504>

Редакцией журнала «Нанотехнологии в строительстве» достигнута договоренность с ASI об индексировании журнала в 33 Important Online Library/Indexing Directories:

33 Important Online Library/Indexing Directories



При необходимости список может быть скорректирован.

Редакция журнала приглашает ведущих ученых и специалистов к публикации материалов в журнале. По всем вопросам просим обращаться по e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru).

Надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество.

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



## Materials based on modified gypsum for facade systems

A.D. Zhukov<sup>1, 2, 3</sup> , I.V. Bessonov<sup>2</sup> , E.Yu. Bobrova<sup>3\*</sup> , E.A. Gorbunova<sup>1, 2</sup> , B.A. Demissie<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Moscow, Russia

<sup>2</sup> Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS, transliterating the Russian acronym, RIBPh RAACN), Moscow, Russia

<sup>3</sup> National Research University Higher School of Economics, (NRU HShE), Moscow, Russia

\* Corresponding author: e-mail: mla-gasis@mail.ru

**ABSTRACT:** **Introduction.** The use of gypsum in construction systems exposed to atmospheric influences involves the introduction of modifying additives of various types: polymer compositions, mineral fine and nanodisperse components, which can also be products of other industries. **Methods and materials.** To increase the weather resistance of gypsum stone, its strength characteristics and water resistance, the research considered a complex method of modifying gypsum binder by introducing aqueous solutions of polycondensation resins that harden in the material and nanocomponents. The experiment to assess the effect of the composition of complexly modified gypsum on its properties was carried out on the basis of the matrix of a complete quadratic three-factor experiment. **Results.** The strength of a complex modified gypsum stone during compression and bending increases by 30% and 25%, respectively, during 80 days of storage in the air. The compressive strength is 60 MPa, and the bending strength is 12 MPa. The samples can withstand 150 cycles of alternating freezing and thawing. **Discussion.** The introduction of polymer additives into the composition of the gypsum mixture leads to the fact that the gypsum during hydration creates a framework of crystalline aggregates of dehydrate, and the resin, when cured, forms a continuous polymer matrix. The polymer gypsum has the property of increasing the strength over time due to the ongoing polymerization of the resin. **Conclusion.** A weather-resistant gypsum-containing material was obtained. The use of man-made waste makes it possible to solve the problem of their disposal, which determines the reduction of the negative load on the environment. The methodology for assessing the weather resistance of gypsum stone, and, first, frost resistance, was tested.

**KEY WORDS:** gypsum stone, water-soluble polymers, technogenic additives, nanotubes, water resistance, strength.

**FOR CITATION:** Zhukov A.D., Bessonov I.V., Bobrova E.Yu., Gorbunova E.A., Demissie B.A. Materials based on modified gypsum for facade systems. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 144–149. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-144-149.

### INTRODUCTION

The use of gypsum-containing materials in facade systems is limited, first of all, by the low water resistance of gypsum stone, while gypsum materials and products are widely used in finishing works inside buildings. For this purpose, plasterboard or gypsum-fiber sheets, stucco decoration products, self-leveling floors, a variety of dry plaster, putty and adhesive gypsum mixtures, wall stones are used.

In connection with the trend of expanding the scope of application of products based on gypsum binders, not only for interior decoration, but also for the facades of buildings under construction and under reconstruction, several areas of research have been formed.

First, it is the study of the possibility of using various mineral additives, as well as the use of man-made gypsum-containing products that form an increased resistance of gypsum stone to atmospheric influences. Many researchers propose to achieve an increase in the water resistance of gypsum stone by modifying the binder component with pozzolans, in particular, gypsum-cement-puzzolane (GCP) and gypsum-slag-cement-puzzolane (GSCP) were developed; technologies of composite (DTC) and water-resistant gypsum binder of low water demand (WRGB) were developed [1–3]. Secondly, it is the development of scientific foundations for the directed formation of the structure and properties of anhydrite, gypsum compositions and stone under the action of

micro – ultra – and nanodisperse systems. Third, these are studies aimed at surface or bulk hydrophobization of gypsum stone [4–6].

The range of technogenic gypsum-containing materials is quite wide, but the largest amount of research was conducted on phosphogypsum and its modifications. Energy-saving technologies for processing phosphodihydrate and phosphopolohydrate have been developed, as well as methods for its application in wall structures, stucco decorative compositions made of gypsum and finishing compositions of artificial marbles based on organic dyes [7, 8].

The possibility of using various mineral technogenic additives on the properties of gypsum binders [9, 10], the possibility of using hollow glass microspheres to obtain lightweight gypsum material for restoration work [11], as well as the possibility of modifying anhydrite and gypsum compositions with ultra-fine-grained technogenic additives [12] were also studied.

Carbon nanotubes and fullerenes are promising both in terms of their use as crystallization centers and as objects that change the direction and speed of physico-chemical processes in hardening materials [13, 14]. The nanocarbon structures used to modify the gypsum binder can be waste from other industries, in particular, ultrafine dust from blast furnaces can be used [15, 16].

Nanotubes introduced into the mortar mixture reinforce the gypsum stone. From the point of view of common sense, such a percentage of reinforcement seems clearly insufficient to significantly affect the strength characteristics. Nevertheless, a persistent effect is present, but it occurs not due to direct reinforcement, which is really insignificant, but due to the directed regulation of crystallization processes. Nanotubes behave in the gypsum solution as "embryos" of crystals, growing, the crystals intertwine, partially grow into each other and form a spatial network that permeates and binds the entire gypsum stone into a single whole [17, 18].

It is possible to increase the water and weather resistance of gypsum stone due to its volumetric or surface hydrophobization. Surface treatment with hydrophobizers tends to lose its effectiveness over time, and, for longer use of products, it must be repeated periodically. The frequency of treatment with hydrophobizers depends on the operating conditions of the products.

Volumetric hydrophobization is carried out by the introduction of various polymers in the form of aqueous solutions or emulsions, including aminoaldehyde resins with non-linear monomers (melamine, resorcinol, benzoguanamine). Resins of this type belong to polycondensation, i.e., during curing, low-molecular-weight products, in particular water, are released. For the chemical binding of the released water, a structuring additive based on polyisocyanates was introduced into the composition [19–21].

Taking into account the existing experience, a complex method of modifying a gypsum binder by introducing aqueous solutions of polycondensation resins that harden in the material and nanocomponents is considered in the research. It should be noted that the use of products based on modified gypsum binder in facade systems is directly related to the development of methods for assessing the weather resistance of gypsum stone, and, first of all, frost resistance.

## METHODS AND MATERIALS

In the experiment, we used gypsum binder grades G 7...G 10, melamine formaldehyde resin, carbon clusters (nanotubes). Carbon clusters are hollow tubes made of one or more layers of carbon atoms. They have a diameter of one to several nanometers and a length of several diameters to several microns, they are essentially hollow fibers.

The influence of the composition of the complex modified gypsum on its properties was evaluated on the basis of the matrix of a complete quadratic three-factor experiment. The obtained regression equations were checked against all statistical hypotheses and the adequacy of the models was checked according to the Fisher criterion.

In the experiment, the strength of the gypsum binder ( $X_1$ ), the consumption of melamine formaldehyde resin ( $X_2$ ), and the consumption of the nanoadditive ( $X_3$ ) were taken as variable factors. The response function is the strength of the gypsum stone after 7 days of hardening of the samples ( $Y_1$ ), and the optimization parameter is the softening coefficient of the gypsum stone samples according to the results of climatic tests ( $Y_2$ ). The experimental conditions are shown in Table 1.

*Table 1*  
Intervals of variation of factors

Name of the factor	Symbol $X_i$	Average value of the factor, $\bar{X}_i$	Variation interval, $\Delta X_i$	Factor values at levels	
				-1	+1
Gypsum strength, MPa	$X_1$	6	1	5	7
Resin expenditure, %	$X_2$	13	3	10	16
Nanoadditive consumption, %	$X_3$	0.04	0.01	0.03	0.05

Along with conducting frost resistance tests on cube samples, the effects of cyclical climatic influences on the products themselves were studied. The test cycle consists in the fact that one of the sides of the fragment was directed to the cold zone of the chamber with a temperature of  $-18^{\circ}\text{C}$ , and the second – to the warm zone with a temperature of  $+18^{\circ}\text{C}$ . For 2 hours, the side facing the warm zone can be exposed to ultraviolet radiation, and for the next 2 hours, it is irrigated with water in such a way that the moistened surface of the sample is frozen during rotation. The rotation of the clip, and, consequently, the test fragments, is carried out every 4 hours.

## RESULTS

Mathematical processing of the experimental results allowed us to obtain regression equations for the compressive strength of the gypsum polymer samples ( $Y_1$ ) and its softening coefficient ( $Y_2$ ). The significance of the coefficient was checked by confidence intervals, respectively, the confidence interval for strength was  $\Delta b_1 = 0.01 \text{ MPa}$ , and the softening coefficient was  $\Delta b_2 = 0.04$ .

The following mathematical models (polynomials) are obtained:

- For compressive strength:

$$Y_1 = 64 + 14X_1 + 9X_2 + 8X_3 + 4X_1X_3 + 2X_2X_3$$

- For the softening factor:

$$Y_2 = 0.84 + 0.03X_1 + 0.09X_2 + 0.07X_3 + 0.04X_1X_3 - 0.05X_2X_3$$

The obtained models were checked for adequacy according to the Fisher criterion. The calculated values of the Fischer criteria are equal for the compressive strength model  $F_1 = 15.2$  and for the softening coefficient model  $F_2 = 15.7$ . The tabular values of the criteria, respectively, are 19.2 and 19.3. The calculated values of the F-criterion do not exceed the tabular one, and with the corresponding confidence probability (98%), the model can be considered adequate. This fact will be taken into account in the analytical optimization of mathematical models.

## DISCUSSION

Analysis of the coefficients of the equation  $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  shows that the strength of the composite modified binder increases with an increase in the strength of the stone without additives (gypsum grade), the consumption of resin and nanocomponent at the intervals taken in the experiment (positive coefficients at  $X_1, X_2, X_3$ ).

The analysis of the coefficients of the equation  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  shows that the greatest influence on the softening coefficient is exerted by an increase in the consumption of resin and nanodermis. At the same time, at

high resin consumption, the strength growth slows down (coefficient at  $X_2^2$ ), which can be explained by the limited access to the reaction surfaces.

Significant effects of pair interactions (in terms of strength and softening coefficient at  $X_1X_3$  and in terms of strength at  $X_2X_3$ ) have been established, which allows us to assume the presence of synergistic effects of the influence of resin consumption and nanoadditive on the strength and softening coefficient of gypsum stone during its complex modification. The function  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  (which is essentially a function of several variables) for one of these variables, the resin consumption ( $X_2$ ), has a local extremum. Therefore, we can use the mathematical apparatus of analytical local optimization..

Analytical optimization is based on the fact that the functions for strength and density  $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  and  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  are mathematical and mathematical analysis methods can be applied to them, provided that the adequacy condition is not violated. In this case, the following scheme is adopted:

- the algebraic polynomial  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  is differentiated by  $X_2$  and equated to zero by determining the extreme of the function  $Y_2$  by  $X_2$ ;
- solve the functions  $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  and  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  for  $X_2 = \text{opt}$  and perform local optimization.

1) Analytical optimization involves the following sequence of actions:

We determine the value of the local extreme of the function  $Y_2$  by  $X_2$ :

$$\partial Y_2 / \partial X_2 = 0.9 - 1.0X_2 = 0 \rightarrow X_2 = 0.09$$

2) We calculate the value of the natural value of the resin consumption (corresponding to the possible obtaining of the maximum compressive strength of the polyhypse) using the factor decoding formula:

$$\tilde{X}_2 = \bar{X}_2 + \Delta X_2 \cdot 0.9 = 13 + 3 \cdot 0.9 = 15.7\%$$

3) We calculate mathematical models (polynomials) for the optimized value of the factor  $X_2 = 0.9$ :

- For compressive strength:

$$Y_1 = 73 + 14X_1 + 8X_3 + 4X_1X_3$$

- For the softening factor:

$$Y_2 = 0.89 + 0.03X_1 + 0.07X_3 + 0.04X_1X_3$$

The introduction of polymer additives (polycondensation resins) into the mixture leads to the fact that gypsum during hydration creates a framework of crystalline aggregates of bi-hydrate, and the resin, when cured, forms a continuous polymer matrix. The pores in the plaster body are filled with a vitreous substance. The perme-

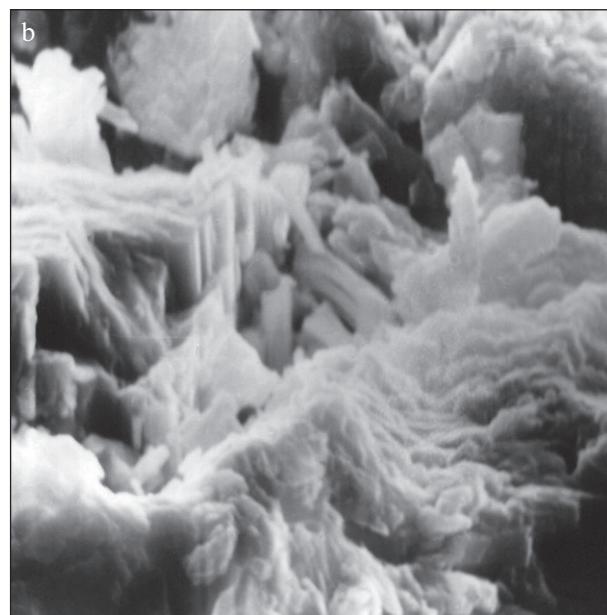
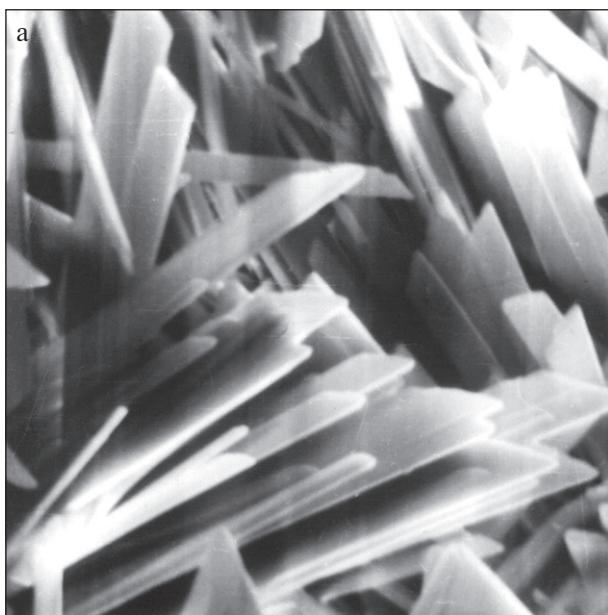


Fig. 1. Structure of gypsum stone: a – without additives; b – structure of modified gypsum stone

ability of the material to liquid moisture is significantly reduced. The resulting protective screen of a polymer film around the gypsum crystals prevents water from reaching the highly soluble calcium sulfate.

The photos taken at a 2400-fold magnification on a raster electron microscope (Fig. 1) show that the material structure is a polymer grid, which is a continuous phase located in a three-dimensional skeleton of crystallized gypsum. Accretions of hydrate neoplasms, lamellar in structure, permeate the polymer blocks. In the pores there is a crystallization of small gypsum crystals of prismatic and needle shape.

When the age of the samples increases, there are no significant changes in the characteristics of the composite. The increase in strength over time can be explained by the continued polymerization of the resin. The degree of polymerization of the resin in the presence of a hardener under natural conditions is almost the same as during heat treatment.

The introduction of carbon nanosystems changes the structure of gypsum crystals, as well as the phase composition, in the direction of increasing the content of calcium sulfate dehydrate. The morphology of the crystals is transformed from lamellar to diamond-shaped with a denser packing of the crystals, while there is a decrease in the defects of the crystals themselves. The use of modifying additives in the form of carbon nanosystems in the preparation of a fluorohydrite composition makes it possible to increase the physical and mechanical properties of products based on it, to improve the thermophysical characteristics of the composition by reducing its thermal conductivity. It is noted that the introduction of carbon nanosystems into porous fluorohydrite compositions re-

sults in the activation of anhydrite hydration, increases the strength of the compositions, and improves the uniformity and stability of the pores [9].

The anisotropy and high mechanical and thermodynamic stability of the shape of most fullerooids determine the stability of their properties. The very large sizes compared to ordinary organic molecules determine their ability to transform into abnormally large dipoles in external fields. The induced dipole moment, for example, of nanotubes, can reach several thousand Debye. It is logical to consider fullerides as a potential tool for modifying interphase boundaries in a wide variety of condensed media, and with small amounts of nanomodifiers, which is confirmed in practice.

The strength of kop – modified gypsum stone under compression and bending during 80 days of storage in the air increases by 30% and 25%, respectively. The compressive strength is 60 MPa, and the bending strength is 12 MPa. The samples can withstand 150 cycles of alternating freezing and thawing. The vapor permeability of the gypsum polymer is 0.092 mg/(m·h·Pa).

## CONCLUSIONS

The expansion of the areas of application of gypsum-containing materials is due, on the one hand, to the requirements of the construction products market, and, on the other hand, to the capabilities of gypsum itself, which are currently still not fully implemented in modern technologies.

The existing experience shows the possibility of using gypsum-containing systems on the facades of buildings, which makes it necessary to increase the frost resistance

and moisture resistance of gypsum canvas to the level required for materials used in contact with the environment. A significant role for the realization of such properties is performed by a complex modification of the gypsum binder as the basis of the material. The modifying effect

can be realized through the use of water-soluble polymers that harden in the body of gypsum stone, mineral additives of the micro-and nanoscale, nanosystems of the fuleroid type. Of particular interest is the possibility of using man-made waste to modify gypsum-containing systems.

## REFERENCES

1. Buryanov A.F. Gypsum, its research and application from P.P. Budnikov to the present day. *Construction materials.* 2005; 9: 46–48.
2. Volzhensky A.V., Ferronskaya A.V. *Gypsum binders and products.* Moscow: Stroyizdat; 1974.
3. Volzhensky A.V., Ferronskaya A.V. *Gypsum binders and products.* Moscow: Stroyizdat; 1974. – 328 p.
4. Bessonov I.V. Gypsum of increased water resistance / 3 scientific and practical conference “Problems of construction thermo physics and energy saving in buildings”. Collection of Papers. Moscow: NIISF; 1998.
5. Panchenko A.I., Buryanov A.F., Kozlov N.V., Solovyov V.G., Pashkevich S.A. Complex assessment of the effectiveness of the use of gypsum binder with increased water resistance. *Construction materials.* 2014; 12: 72–74.
6. Meshheryakov Yu.G., Fedorov S.V. *Die baustoffproduktion mittels der dielectrischen.* Int.Congress Euro ECO. Hannover; 2010.
7. Meshheryakov Yu.G., Tairov T.N., Fedorov S.V. *Processing of complex production of anhydrite and gypsum binder into.* Congress trade fair Euro ECO. Hannover; 2011.
8. Meshcheryakov Yu.G., Fedorov S.V. Energy-saving technologies for processing phosphogypsum and phosphopoluhydrate. *Construction materials.* 2005; 12: 56–57.
9. Bozhenov P.I., Meshheryakov Yu.G. *Influence of the admixtures and the technical characteristics son Gipsbind-eru.* 6 Int. Building materials and Siekattagung Weimaz. 1976.
10. Sychugov S., Tokarev Y., Plekhanova T., Kazantseva A., Gaynetdinova D. Binders Based on Natural Anhydrite and Modified by Finely-Dispersed Galvanic and Petrochemical Waste. *Procedia Engineering Modern Building Materials, Structures and Techniques.* 2013; 57: 1022–1028.
11. Khaev T.E., Tkach E.V., Oreshkin D.V. Modified lightweight gypsum material with hollow glass microspheres for restoration work. *Construction materials.* 2017; 10: 45–51.
12. Yakovlev G., Polyanskikh I., Fedorova G., Gordina A., Buryanov A. Anhydrite and gypsum compositions modified with ultrafine man-made admixtures. *Procedia Engineering “7<sup>th</sup> Scientific Technical Conference Material Problems in Civil Engineering”.* 2018; Vol. 108: 13–21.
13. Pisarenko Zh.V., Ivanov L.A., Wang Q. Nanotechnology in Construction: State of the Art and Future Trends. *Nanotechnologies in Construction.* 2020; 12(4):223–231. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231).
14. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review. *Construction and Building Materials.* 2010; 24: 2060–2071. Available from: doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014
15. Yakovlev G., Khozin V., Polyanskikh I., Keriene J., Gordina A., Petrova T. *Utilization of blast furnace flue dust while modifying gypsum binders with carbon nanostructures.* In: The 9<sup>th</sup> International Conference “ENVIRONMENTAL ENGINEERING” 22–23 May 2014, Vilnius, Lithuania. 2014. p.1–5.
16. Gordina A., Tokarev Y., Yakovlev G., Keriene J., Sychugov S., Sayed Mohamed Ali El. Evaluation of the Influence of Ultradisperse Dust and Carbon Nanostructures on the Structure and Properties of Gypsum Binders. *Procedia Engineering Modern Building Materials, Structures and Techniques.* 2013; 57: 334–342.
17. Yakovlev G.I., Pervushin G.N., Krutikov V.A., Makarova I.S., Kerene Ya., Fischer Kh.-b., Buryanov A.F. Aerated concrete based on fluoroanhydrite, modified by carbon nanostructures. *Construction materials.* 2008; 3: 70–72.
18. Izryadnova O., Yakovlev G., Nurieva L., Sychugov S., Pervuchin G. Role of polyfunctional admixture based on silica fume and carbon nanotubes in forming the structure of gypsum cement composition. *Procedia Engineering “7<sup>th</sup> Scientific Technical Conference Material Problems in Civil Engineering”.* 2015; 108: 380–386.
19. Batrakov V.G. *Modified concrete. Theory and practice.* Moscow: Stroyizdat; 2008.
20. Pustovgar A.P., Buryanov A.F., Vasilik P.G. Features of the use of hyperplasticizers in dry building mixes. *Construction materials.* 2010; 12: 61–64.
21. Bessonov I.V. “Stolitsa” – weather-resistant gypsum facing of buildings. *Building materials.* 1999; 9: 12–14.

22. Zhukov A., Shokodko E., Bobrova E., Bessonov I., Dosanova G., Ushakov N. Interior Acoustic Materials and Systems. *EMMFT-2018. Advances in Intelligent Systems and Computing.* 983: 740–747. Available from: [doi: 10.1007/978-3-030-19868-8\\_72](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8_72).
23. Zhukov A., Shokodko E. Mathematical Methods for Optimizing the Technologies of Building Materials. *VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing.* 2020; 1116: 413–421. Springer, Cham. Available from: [doi: 10.1007/978-3-030-37919-3\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_40).
24. Bessonov I., Zhukov A., Shokodko E., Chernov A. Optimization of the technology for the production of foam glass aggregate. *TPACEE 2019, E3S Web of Conferences.* 2020; 164: 14016. Published online: 05 May 2020. Available from: [doi: 10.1051/e3sconf/202016414016](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016414016).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Alexey D. Zhukov**, Associate Professor, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Building Materials and Materials Science of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Leading Researcher of the Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (RIBPh RAASN), Deputy Director of the REC of Complex Modernization of Housing and Utilities Infrastructure of the GASIS Institute of the National Research University Higher School of Economics (NRU HSE), Corresponding Member of the Russian Academy of Engineering (RIA), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0593-3259>, e-mail: lj211@yandex.ru

**Igor V. Bessonov**, Cand. Sci. (Eng.), Chief Researcher of the Research Institute (RIBPh RAACS), Advisor to the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9234-4075>, e-mail: bessonoviv@mail.ru

**Ekaterina Yu. Bobrova**, Cand. Sci. (Econ.), Sciences, Advisor to the Director of the Institute of Construction and Housing and Communal Services of the State Academy of Investment Specialists of the National Research University Higher School of Economics (HSE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6541-4552>, e-mail: mla-gasis@mail.ru

**Elina A. Gorbunova**, Undergraduate student of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Engineer of the Research Institute of Civil Engineering Physics of the Russian Academy of Architecture and Civil Engineering Sciences (RIBPh RAACS), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7241-4136>, e-mail: eg15082000@mail.ru

**Bekele Arega Demissie**, Master of Science (MSc.) in Construction , post-graduate student (PhD. Candidate) at the Department of Building materials and materials science, in Moscow state University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1689-7003>, email:aregabekalu@gmail.com

#### Authors declare the absence of any competing interests.

*Received: 08.04.2021.*

*Revised: 27.04.2021.*

*Accepted: 13.05.2021.*



## Материалы на основе модифицированного гипса для фасадных систем

А.Д. Жуков<sup>1,2,3</sup> ID, И.В. Бессонов<sup>1</sup> ID, Е.Ю. Боброва<sup>3\*</sup> ID, Э.А. Горбунова<sup>1,2</sup> ID, Б.А. Демисси<sup>1</sup> ID

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный строительный университет (Национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

\*Контакты: e-mail: mla-gasis@mail.ru

**РЕЗЮМЕ:** Введение. Применение гипса в строительных системах, подвергаемых атмосферным воздействиям, предполагает введение модифицирующих добавок различного типа: полимерных композиций, минеральных тонко- и нанодисперсных компонентов, которые могут быть также продуктами других производств. **Методы и материалы.** С целью повышения атмосферостойкости гипсового камня, его прочностных характеристик и водостойкости в исследованиях рассматривался комплексный способ модификации гипсового вяжущего путем введения водных растворов поликонденсационных смол, отверждающихся в материале и нанокомпонентов. Эксперимент по оценке влияния состава комплексно модифицированного гипса на его свойства проводился на основе матрицы полного квадратичного трехфакторного эксперимента. **Результаты.** Прочность комплексно модифицированного гипсового камня при сжатии и при изгибе за 80 суток хранения на воздухе возрастает соответственно на 30% и 25%. Прочность при сжатии составляет 60 МПа, при изгибе – 12 МПа. Образцы выдерживают 150 циклов попеременного замораживания и оттаивания. **Обсуждение.** Введение в состав гипсовой смеси полимерных добавок ведет к тому, что гипс при гидратации создает каркас из кристаллических сростков двугидрата, а смола, отверждаясь, образует непрерывную полимерную матрицу. Полимергипс обладает свойством увеличивать прочность во времени за счет продолжающейся полимеризации смолы. **Заключение.** Получен атмосферостойкий гипсосодержащий материал. Использование техногенных отходов позволяет решать задачу их утилизации, что определяет снижение отрицательной нагрузки на окружающую среду. Осуществлена апробация методики оценки атмосферостойкости гипсового камня и, в первую очередь, морозостойкости.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гипсовый камень, водорастворимые полимеры, техногенные добавки, нанотрубки, водостойкость, прочность.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Жуков А.Д., Бессонов И.В., Боброва Е.Ю., Горбунова Э.А., Демисси Б.А. Материалы на основе модифицированного гипса для фасадных систем // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 144–149. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-144-149.

### ВВЕДЕНИЕ

Использование гипсосодержащих материалов в фасадных системах ограничивается, в первую очередь, невысокой водостойкостью гипсового камня, при этом гипсовые материалы и изделия широко используют при отделочных работах внутри помещений. Для этой цели применяются гипсокартонные или гипсоволокнистые листы, изделия лепного декора, наливные полы, разнообразные сухие

штукатурные, шпаклевочные и клеевые гипсовые смеси, стеновые камни.

В связи с тенденцией расширения области применения изделий на основе гипсовых вяжущих не только при отделке внутри помещений, но и для фасадов строящихся и реконструируемых зданий сформировалось несколько направлений исследований. Во-первых, это изучение возможности использования различных минеральных добавок, а также применения техногенных гипсосодержащих

продуктов, формирующих повышенную стойкость гипсового камня к атмосферным воздействиям. Многие исследователи предлагают достичь повышения водостойкости гипсового камня за счет модификации вяжущего компонента пущланами, в частности, были разработаны гипсоцементнопущлановые (ГЦПВ) и гипсошлакоцементнопущлановые (ГШЦПВ); технологии композиционного (КГВ) и водостойкого гипсового вяжущего низкой водопотребности (ВГВНВ) [1–3]. Во-вторых, это разработка научных основ направленного формирования структуры и свойств ангидритовых гипсовых композиций и камня под действием микро-, ультра- и нанодисперсных систем. В-третьих, это исследования, направленные на поверхностную или объемную гидрофобизацию гипсового камня [4–6].

Круг техногенных гипсосодержащих материалов достаточно широк, но наибольший объем исследований проводился по фосфогипсу и его модификациям. Разработаны энергосберегающие технологии переработки фосфодигидрата и фосфополугидрата, а также способы его применения в стеновых конструкциях, лепных декоративных составах из гипса и отделочных составах искусственных мраморов на органических красителях [7, 8].

Изучалась также возможность применения различных минеральных техногенных добавок на свойства гипсового вяжущего [9, 10], возможность использования полых стеклянных микросфер для получения облегченного гипсового материала для реставрационных работ [11], а также возможность модификации ангидритовых и гипсовых композиций сверхмелкозернистыми техногенными добавками [12].

Углеродные нанотрубки и фуллерены перспективны как с точки зрения их использования в качестве центров кристаллизации, так и в качестве объектов, изменяющих направление и скорость физико-химических процессов в твердеющих материалах [13, 14]. Наноуглеродные структуры, используемые для модификации гипсового вяжущего, могут быть отходами других производств, в частности, может быть использована ультадисперсная пыль доменных печей [15, 16].

Введенные в растворную смесь нанотрубки армируют гипсовый камень. С точки зрения здравого смысла, такой процент армирования кажется явно недостаточным, чтобы существенно повлиять на прочностные характеристики. Тем не менее, стойкий эффект присутствует, но возникает он не за счет непосредственного армирования, которое действительно ничтожно, а за счет направленного регулирования кристаллизационных процессов. Нанотрубки ведут себя в гипсовом растворе как «зародыши» кристаллов: разрастаясь, кристаллы переплетаются,

частично прорастают друг в друга и образуют пространственную сеть, пронизывающую и связывающую в единое целое весь гипсовый камень [17, 18].

Повысить водо- и атмосферостойкость гипсового камня можно за счет его объемной или поверхностной гидрофобизации. Поверхностная обработка гидрофобизаторами имеет свойство терять свою эффективность со временем, и для более продолжительного использования изделий ее необходимо периодически повторять. Периодичность обработки гидрофобизаторами зависит от условий эксплуатации изделий.

Объемную гидрофобизацию осуществляют введением различных полимеров в виде водных растворов или эмульсий, в том числе аминоальдегидных смол с мономерами нелинейного вида (меламин, резорцин, бензогуанамин). Смолы этого вида относятся к поликонденсационным, т.е. при отверждении происходит выделение низкомолекулярных продуктов, в частности, воды. Для химического связывания выделяющейся воды в состав композиции вводилась структурирующая добавка на основе полизоцианатов [19–21].

С учетом имеющегося опыта в исследованиях рассматривается комплексный способ модификации гипсового вяжущего путем введения водных растворов поликонденсационных смол, отверждающихся в материале, и нанокомпонентов. Отметим, что применение изделий на основе модифицированного гипсового вяжущего в фасадных системах непосредственно связано с разработкой методики оценки атмосферостойкости гипсового камня, и, в первую очередь, морозостойкости.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В эксперименте использовали гипсовое вяжущее марок Г7...Г10, меламиноформальдегидную смолу, углеродные кластеры (нанотрубки). Углеродные кластеры представляют собой полые трубы из одного или нескольких слоев атомов углерода. Они имеют диаметр от одного до нескольких нанометров и длину от нескольких диаметров до нескольких микронов, они, по сути, являются полыми волокнами.

Оценка влияния состава комплексно модифицированного гипса на его свойства проведена на основе матрицы полного квадратичного трехфакторного эксперимента. Полученные уравнения регрессии проверяли по всем статистическим гипотезам и осуществляли проверку адекватности моделей по критерию Фишера.

В эксперименте в качестве варьируемых факторов приняты прочность гипсового вяжущего ( $X_1$ ), расход меламиноформальдегидной смолы ( $X_2$ ) и расход нанодобавки ( $X_3$ ). В качестве функции отклика принята

**Таблица 1**  
**Интервалы варьирования факторов**

Наименование фактора	Символ $X_i$	Среднее значение фактора, $\bar{X}_i$	Интервал варьирования, $\Delta X_i$	Значения фактора на уровнях	
				-1	+1
Прочность гипса, МПа	$X_1$	6	1	5	7
Расход смолы, %	$X_2$	13	3	10	16
Расход нанодобавки, %	$X_3$	0,04	0,01	0,03	0,05

прочность гипсового камня через 7 суток твердения образцов ( $Y_1$ ), а в качестве параметра оптимизации – коэффициент размягчения образцов гипсового камня по результатам климатических испытаний ( $Y_2$ ). Условия эксперимента приведены в табл. 1.

Наряду с проведением испытаний морозостойкости на образцах-кубиках исследовались последствия циклических климатических воздействий на самих изделиях. Цикл испытаний заключается в том, что одна из сторон фрагмента была направлена в холодную зону камеры с температурой  $-18^{\circ}\text{C}$ , а вторая – в теплую зону с температурой  $+18^{\circ}\text{C}$ . В течение 2-х часов сторона, направленная в теплую зону, может подвергаться ультрафиолетовому облучению, следующие 2 часа орошается водой таким образом, чтобы при повороте замораживанию подвергалась увлажненная поверхность образца. Поворот обоймы, а следовательно, испытуемых фрагментов осуществляется через каждые 4 часа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Математическая обработка результатов эксперимента позволила получить уравнения регрессии для прочности при сжатии образцов гипсополимера ( $Y_1$ ) и его коэффициента размягчения ( $Y_2$ ). Значимость коэффициента проверялась по доверительным интервалам, соответственно доверительный интервал для прочности составил  $\Delta b_1 = 0,01$  МПа, а коэффициента размягчения  $\Delta b_2 = 0,04$ .

Получены следующие математические модели (полиномы):

- для прочности при сжатии

$$Y_1 = 64 + 14X_1 + 9X_2 + 8X_3 + 4X_1X_3 + 2X_2X_3$$

- для коэффициента размягчения:

$$Y_2 = 0,84 + 0,03X_1 + 0,09X_2 + 0,07X_3 + 0,04X_1X_3 - 0,05X_2^2$$

Полученные модели проверены на адекватности по критерию Фишера. Расчетные значения критериев Фишера равны для модели прочности при сжатии  $F_1 = 15,2$  и для модели коэффициента размягчения

$F_2 = 15,7$ . Табличные же значения критериев, соответственно, равны 19,2 и 19,3. Рассчитанные значения  $F$ -критерия не превышают табличного, и с соответствующей доверительной вероятностью (98%) модель можно считать адекватной. Этот факт будет учтен при аналитической оптимизации математических моделей.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ коэффициентов уравнения  $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  показывает, что прочность композиционного модифицированного вяжущего увеличивается при повышении прочности камня без добавок (марки гипса), расходов смолы и нанокомпонента на интервалах, принятых в эксперименте (положительные коэффициенты при  $X_1, X_2, X_3$ ).

Анализ коэффициентов уравнения  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  показывает, что наибольшее влияние на коэффициент размягчения оказывают увеличение расхода смолы и нанодобавки. При этом при больших расходах смолы рост прочности замедляется (коэффициент при  $X_2^2$ ), что может быть объяснено ограничением доступа к реакционным поверхностям.

Установлены значимые эффекты парных взаимодействий (по прочности и коэффициенту размягчения при  $X_1X_3$  и по прочности при  $X_2X_3$ ), что позволяет предположить наличие синергетических эффектов влияния расхода смолы и нанодобавки на прочность и коэффициент размягчения гипсового камня при его комплексной модификации.

Функция  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  (по своей сути являющаяся функцией нескольких переменных) по одной из этих переменных, по расходу смолы ( $X_2$ ), имеет локальный экстремум. Поэтому мы можем воспользоваться математическим аппаратом аналитической локальной оптимизации.

Аналитическая оптимизация основана на том, что функции для прочности и плотности  $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  и  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  – математические, и к ним допустимо применение методов математического анализа при условии, что не будет нарушаться условие адекватности. В рассматриваемом случае принятая следующая схема:

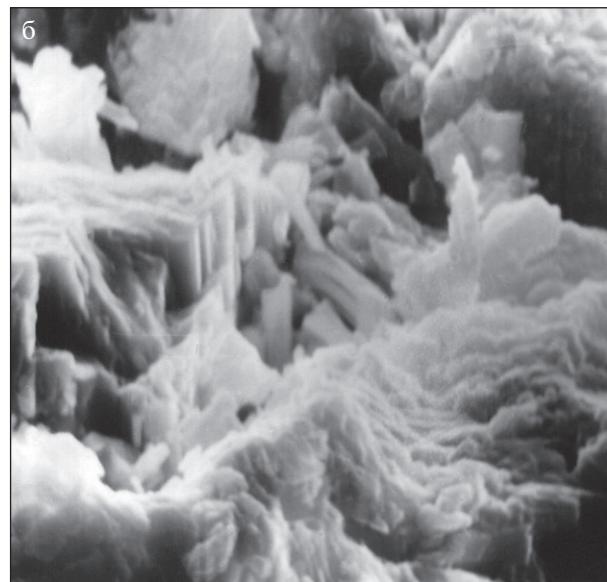
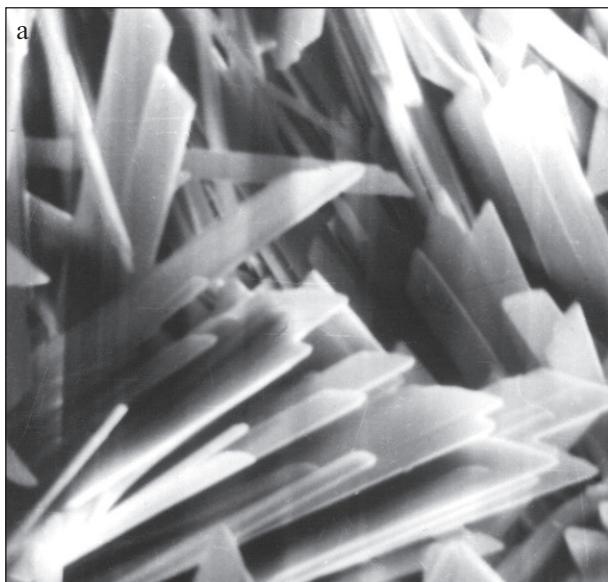


Рис. 1. Структура гипсового камня: а – без добавок; б – структура модифицированного гипсового камня

- алгебраический полином  $Y_2 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  дифференцируют по  $X_2$  и приравнивают к нулю, определяя экстремум функции  $Y_2$  по  $X_2$ ;
- решают функции  $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$  и  $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$  при  $X_2 = \text{opt}$  и осуществляют локальную оптимизацию.

Аналитическая оптимизация включает следующую последовательность действий:

- 1) Определяем величину локального экстремума функции  $Y_1$  по  $X_2$ :

$$\partial Y_2 / \partial X_2 = 0,9 - 1,0X_2 = 0 \rightarrow X_2 = 0,09$$

- 2) Рассчитываем величину натурального значения расхода смолы (соответствующего возможному получению максимальной прочности при сжатии полигипса), используя формулу декодирования фактора:

$$\tilde{X}_2 = \bar{X}_2 + \Delta X_2 \cdot 0,9 = 13 + 3 \cdot 0,9 = 15,7\%$$

- 3) Рассчитываем математические модели (полиномы) для оптимизированного значения фактора  $X_2 = 0,9$ :

- для прочности при сжатии:

$$Y_1 = 73 + 14X_1 + 8X_3 + 4X_1X_3$$

- для коэффициента размягчения:

$$Y_2 = 0,89 + 0,03X_1 + 0,07X_3 + 0,04X_1X_3$$

Введение в состав смеси полимерных добавок (поликонденсационных смол) ведет к тому, что гипс

при гидратации создает каркас из кристаллических сростков двууглекарата, а смола, отверждаясь, образует непрерывную полимерную матрицу. Поры в гипсовом теле заполняются стекловидной субстанцией. Проницаемость материала для жидкой влаги существенно понижается. Образующийся защитный экран из полимерной пленки вокруг кристаллов гипса препятствует доступу воды к обладающему высокой растворимостью сульфату кальция.

На фотографиях, сделанных при увеличении на растровом электронном микроскопе в 2400 раз (рис. 1), видно, что структура материала представляет собой сетку полимера, которая является непрерывной фазой, расположенной в трехмерном скелете закристаллизованного гипса. Сростки гидратных новообразований, пластинчатых по структуре, пронизывают блоки полимера. В порах идет кристаллизация мелких кристаллов гипса призматической и игольчатой формы.

При увеличении возраста образцов существенных изменений в характеристиках композита не происходит. Прирост прочности во времени можно объяснить продолжающейся полимеризацией смолы. Степень полимеризации смолы в присутствии отвердителя в естественных условиях практически та же, что и при термообработке.

Введение углеродных наносистем меняет структуру кристаллов гипса, а также фазовый состав в сторону увеличения содержания двууглекарата сульфата кальция. Морфология кристаллов из пластинчатой трансформируется в ромбовидную с более плотной упаковкой кристаллов, при этом отмечается уменьшение дефектности самих кристаллов. Использова-

## СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ние модифицирующих добавок в виде углеродных наносистем при приготовлении фторангидритовой композиции позволяет повысить физико-механические свойства изделий на её основе, улучшить теплофизические характеристики композиции за счет снижения её теплопроводности. Отмечено, что при введении углеродных наносистем в поризованные фторангидритовые композиции достигается активация гидратации ангидрита, происходит повышение прочности композиций, улучшение однородности и стабильности пор [9].

Анизотропия и высокая механическая и термодинамическая устойчивость формы большинства фуллероидов определяют стабильность их свойств. Весьма значительные по сравнению с обычными органическими молекулами размеры предопределяют их способность превращаться во внешних полях в аномально большие диполи. Наведенный дипольный момент, например, нанотрубок может достигать несколько тысяч дебай. Логично рассматривать фуллероиды как потенциальный инструмент для модификации межфазных границ в самых различных конденсированных средах, причем при малых количествах наномодификаторов, что подтверждается на практике.

Прочность коплесно модифицированного гипсового камня при сжатии и при изгибе за 80 суток хранения на воздухе возрастает соответственно на 30% и 25%. Прочность при сжатии составляет

60 МПа, при изгибе – 12 МПа. Образцы выдерживают 150 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Паропроницаемость гипсополимера равна 0,092 мг/(м·ч·Па).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

Расширение областей применения гипсодержащих материалов обусловлено, с одной стороны, требованиями рынка строительной продукции, а с другой стороны, возможностями самого гипса, в настоящее время еще неполно реализованными в современных технологиях.

Существующий опыт свидетельствует о возможности применения гипсодержащих систем на фасадах зданий, что делает необходимым повышение морозостойкости и влагостойкости гипсового камня до уровня, предъявляемого к материалам, используемым в контакте с окружающей средой. Существенную роль для реализации таких свойств выполняет комплексная модификация гипсового вяжущего как основы материала. Модифицирующее воздействие может реализовываться за счет применения водорастворимых полимеров, отверждающихся в теле гипсового камня, минеральных добавок микро- и наноуровня, наносистем фуллероидного типа. Особый интерес представляет возможность использования техногенных отходов для модификации гипсодержащих систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурьянов А.Ф. Гипс, его исследование и применение от П.П. Будникова до наших дней // Строительные материалы. – 2005. – № 9. – С. 46–48.
2. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. – М.: Стройиздат. – 1974. – 328 с.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат. – 1986. – 464 с.
4. Бессонов И.В. Гипс повышенной водостойкости / 3 науч.-практ. конф. «Проблемы строительной теплофизики и энергосбережения в зданиях» / Сб. докл. – М.: НИИСФ, 1998. – С.112–117.
5. Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Козлов Н.В., Соловьев В.Г., Пашкевич С.А. Комплексная оценка эффективности применения гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы. – 2014. – № 12. – С. 72–74.
6. Meshheryakov Yu.G., Fedorov S.V. *Die baustoffproduktion mittels der dielectrischen*. Int.Congress Euro ECO. Hannover; 2010.
7. Meshheryakov Yu.G., Tairov T.N., Fedorov S.V. *Processing of complex production of anhydrite and gypsum binder into*. Congress trade fair Euro ECO. Hannover; 2011.
8. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Энергосберегающие технологии переработки фосфогипса и фосфополигидрата // Строительные материалы. – 2005. – № 12. – С. 56–57.
9. Bozhenov P.I., Meshheryakov Yu.G. *Influence of the admixtures and the technical characteristics son Gipsbinderu*. 6 Int. Building materials and Siekattagung Weimaz. 1976.
10. Sychugov S., Tokarev Y., Plekhanova T., Kazantseva A., Gaynetdinova D. Binders Based on Natural Anhydrite and Modified by Finely-Dispersed Galvanic and Petrochemical Waste. *Procedia Engineering Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 2013; 57: 1022–1028.
11. Хаев Т.Э., Ткач Е.В., Орешкин Д.В. Модифицированный облегченный гипсовый материал с полыми стеклянными микросферами для реставрационных работ // Строительные материалы. – 2017. – № 10. – С. 45–51.
12. Yakovlev G., Polyanskikh I., Fedorova G., Gordina A., Buryanov A. Anhydrite and gypsum compositions modified with ultrafine man-made admixtures. *Procedia Engineering “7th Scientific Technical Conference Material Problems in Civil Engineering”*. 2018; Vol. 108: 13–21.

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

13. Писаренко Ж.В., Иванов Л.А., Ванг Ц. Нанотехнологии в строительстве: современное состояние и тенденции развития // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Т. 12, № 4. – С. 223–231. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-4-223-231).
14. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review. *Construction and Building Materials*. 2010; 24: 2060–2071. Available from: doi: [10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014).
15. Yakovlev G., Khozin V., Polyanskikh I., Keriene J., Gordina A., Petrova T. Utilization of blast furnace flue dust while modifying gypsum binders with carbon nanostructures. In: The 9<sup>th</sup> International Conference “ENVIRONMENTAL ENGINEERING” 22–23 May 2014, Vilnius, Lithuania. 2014. P. 1–5.
16. Gordina A., Tokarev Y., Yakovlev G., Keriene J., Sychugov S., Sayed Mohamed Ali El. Evaluation of the Influence of Ultradisperse Dust and Carbon Nanostructures on the Structure and Properties of Gypsum Binders. *Procedia Engineering Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 2013; 57: 334–342.
17. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Крутиков В.А., Макарова И.С., Керене Я., Фишер Х.-Б., Бурянов А.Ф. Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 70–72.
18. Izryadnova O., Yakovlev G., Nurieva L., Sychugov S., Pervuchin G. Role of polyfunctional admixture based on silica fume and carbon nanotubes in forming the structure of gypsum cement composition. *Procedia Engineering “7<sup>th</sup> Scientific Technical Conference Material Problems in Civil Engineering”*. 2015; 108: 380–386.
19. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Стройиздат, 2008. – 768 с.
20. Пустовгар А.П., Бурянов А.Ф., Василик П.Г. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях / А.П. Пустовгар, А.Ф. Бурянов // Строительные материалы. – 2010. – № 12. – С. 61–64.
21. Бессонов И.В. «Столица» – атмосферостойкая гипсовая облицовка зданий // Строительные материалы. – 1999. – № 9. – С. 12–14.
22. Zhukov A., Shokodko E., Bobrova E., Bessonov I., Dosanova G., Ushakov N. Interior Acoustic Materials and Systems. *EMMFT-2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 983: 740–747. Available from: doi: [10.1007/978-3-030-19868-8\\_72](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8_72).
23. Zhukov A., Shokodko E. Mathematical Methods for Optimizing the Technologies of Building Materials. *VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020; 1116: 413–421. Springer, Cham. Available from: doi: [10.1007/978-3-030-37919-3\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_40).
24. Bessonov I., Zhukov A., Shokodko E., Chernov A. Optimization of the technology for the production of foam glass aggregate. *TPACEE 2019, E3S Web of Conferences*. 2020; 164: 14016. Published online: 05 May 2020. Available from: doi: [10.1051/e3s-conf/202016414016](https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202016414016).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Жуков Алексей Дмитриевич**, доцент, к.т.н., доцент кафедры Строительных материалов и материаловедения Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), заместитель директора НОЦ комплексной модернизации инфраструктуры ЖКХ института ГАСИС Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), член-корреспондент Российской инженерной академии (РИА), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0593-3259>, e-mail: lj211@yandex.ru

**Бессонов Игорь Вячеславович**, к.т.н., главный научный сотрудник Научно-исследовательского института (НИИСФ РААСН), советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9234-4075>, e-mail: bessonoviv@mail.ru

**Боброва Екатерина Юрьевна**, к.э.н., советник директора Института строительства и жилищно-коммунального хозяйства Государственной академии специалистов инвестиционной сферы Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6541-4552>, e-mail: mla-gasis@mail.ru

**Горбунова Элина Александровна**, студентка бакалавриата Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), инженер Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7241-4136>, e-mail: eg15082000@mail.ru

**Демисси Бекеле Арега**, магистр строительства, аспирант кафедры Строительных материалов и материаловедения НИУ МГСУ, г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1689-7003>, e-mail: aregabekalu@gmail.com

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 08.04.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 27.04.2021.

Статья принята к публикации: 13.05.2021.



## Efficiency of carbon nanostructures in the composition of wood-polymer composites based on polyvinyl chloride

L.A. Abdurakhmanova<sup>1\*</sup> , R.R. Galeev<sup>2</sup> , A.G. Khantimirov<sup>1</sup>, V.G. Khozin<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (KSUAE), Kazan, Russia

<sup>2</sup> Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia

\* Corresponding author: e-mail: laa@kgasu.ru

**ABSTRACT: Introduction.** The most effective binding agents in wood-polymer composites based on polyvinyl chloride are carbon-containing nanostructures, which improve the electrical, physical-mechanical, rheological properties, as well as the structure and durability of the composites. Their main disadvantage is a high degree of particle aggregation, which makes it difficult to mix and process them in polymer compositions. In this regard, an urgent task is to search for such carbon nanomodifiers that would have a low degree of aggregation and low cost. **Methods and materials.** The paper studies the effectiveness of mechanically activated petroleum cokes as binding agents in building wood-polymer composites based on polyvinyl chloride. Mechanical activation leads to the functionalization of carbon particles of coke with the formation of oxygen-containing groups on the surface. The effect of various amounts of coke (up to 10% of the mass of wood flour) is considered and the relationship between the nature of coke and their concentration in the polymer compositions with the main technological (melt flow) and operational (tensile and bending strength, high elasticity modulus, hardness, water absorption and thermal stability) indicators and supramolecular structure of wood-polymer composites has been identified. **Results and discussion.** With the introduction of cokes, a high degree of orientation of the supramolecular structures of the composites in the direction of extrusion of the samples is observed, which leads to an increase in the breaking strength and bending strength, as well as the high elasticity modulus. The optimal concentration of additives was determined from 0.1 to 5%. In relation to wood flour, the amount of which in the wood-polymer composition is 50 mass parts per 100 mass parts PVC. **Conclusion.** The introduction of mechanically activated petroleum cokes as binding agents in wood-polymer composites based on polyvinyl chloride has been carried out. Mechanical activation made it possible to reduce the aggregation of coke particles into larger agglomerates, which makes it possible to efficiently introduce the nanomodifier in dry form and to exclude the introduction of nanomodifier in the form of aqueous dispersions, which is a rather energy-intensive production operation.

**KEYWORDS:** polyvinyl chloride, wood-polymer composite, binding agent, carbon nanostructures.

**ACKNOWLEDGMENTS:** Institute of Catalysis named after G.K. Boreskov of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Omsk Branch) represented by O.N. Baklanova for the provided samples of mechanically activated petroleum cokes from the Ust-Kamenogorsk oil refinery.

**FOR CITATION:** Abdurakhmanova L.A., Galeev R.R., Khantimirov A.G., Khozin V.G. Efficiency of carbon nanostructures in the composition of wood-polymer composites based on polyvinyl chloride. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 150–157. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-150-157.

### INTRODUCTION

Wood-polymer composites (WPC) are modern composite materials obtained by combining thermoplastic polymers with organic fillers. Of greatest interest as a filler for WPC is wood flour, which makes it possible to obtain profile molded products of various functional purposes in construction. These products are characterized by high bioreistance, weather resistance, low water

absorption, uniformity of structure and good combinability with other building materials [1].

As a polymer in WPC, polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polyvinyl chloride (PVC) are usually used, however, from the point of view of performance characteristics for the construction industry, the use of PVC is most preferable [2–5].

The main way to reduce the cost of WPC products is to increase the degree of filling of composites (up to and

more than 50 mass parts). However, this often negatively affects both technological and operational characteristics, which is associated with a deterioration in the adhesion between the filler and the polymer. The most effective way to increase the degree of interaction between wood flour and polymer matrix is the use of binding agents. Currently, for polymers, binding agents in the form of nanosized additives are widely used, mainly having a carbon base, among which the most effective are carbon nanotubes and nanosized technical carbon.

The effect of nanotubes on the properties of PVC composites has been studied rather extensively [6–12]. These researches show in detail the improvement of electrical, physical-mechanical, rheological properties, as well as the structure and durability of such composites.

Known studies of the effect of nanosized carbon black on various polymer composites [13–18]. However, the effect of carbon black on the properties of PVC composites has been little studied; to a greater extent, such studies were carried out on the basis of polyolefins. In [16], polymer composite materials based on high density polyethylene and carbon black with a particle size of 20–35 nm were obtained. Optimal improvement in properties (tensile strength, fracture strain, melt yield point, electrical conductivity) was observed in the range of 12–18%.

Compositions based on polyethylene filled with fullerene-containing technical carbon were studied in [18]. Fullerenes of the C<sub>50</sub>–C<sub>92</sub> group were contained in the filler in an amount of 10% of the mass. It was found that the introduction of fullerene-containing carbon up to 1.5 mass parts significantly increases the tensile strength (by 1.5 times), but at the same time, the melt flow index decreases, which negatively affects the processability of the compositions.

There are two main hypotheses [19] to explain the effect of material enhancement upon the introduction of carbon black. According to one of them, this effect is explained by the presence of van der Waals forces of interaction between carbon atoms in the particles of the modifier and polymer chains; another hypothesis assumes interphase interaction due to the presence of free radicals on the surface of technical carbon particles capable of initiating the process of chemical crosslinking at the interface.

As is known, the main disadvantage of nanosized additives is their high tendency to aggregation, due to which it is difficult to achieve their uniform distribution in the volume of the polymer composite. To solve this problem, nanoadditives are distributed in various media-carriers, preventing their adhesion [20–22]. However, the additional distribution of nanostructures in media – carriers leads to an even greater rise in the cost of already expensive nanoadditives, to the introduction of additional equipment into the production technology.

Another way to prevent aggregation of nanostructures is the functionalization of their surface, which has already

shown its effectiveness in comparison with native modifiers [23–26]. The introduction of functionalized nanostructures does not require the introduction of additional technological operations, however, this nanoproduct itself is quite expensive, which is a significant disadvantage for manufacturers of polymer products and affects the cost of production.

Thus, an urgent task is to search for such carbon nano-modifiers that would have a low degree of aggregation, low cost, and were also supplied in dry powder form to exclude additional energy-intensive stages in the production of WPC composites.

In this work, a mechanically activated product of petroleum coke processing, which is a finely dispersed black powder, was used as a nanomodifier. Mechanical activation is accompanied by the appearance of oxygen-containing groups on the surface of coke particles, which impart a negative charge, due to which the Coulomb repulsive forces between charged aggregates increase and, accordingly, their aggregation into larger agglomerates is prevented. We used coke with different degrees of mechanical activation: 1.34 (coke 1) and 0.57 (coke 2). If they are used in hydrophobic polymer compositions, it is possible to expect an increase in the interaction at the phase boundary.

The aim of this work was to study the effect of various amounts of coke (up to 10 mass parts per 100 mass parts PVC) on the performance properties of wood-polymer composites based on PVC and to evaluate its effectiveness as a binding agent in comparison with previously used nanoadditives of a carbon structure.

## MATERIALS AND METHODS

The compositions included PVC S-7059-M (100 mass parts), stabilizer-lubricant calcium stearate (3 mass parts), heat stabilizer dibasic lead stearate (5 mass parts), impact strength modifier FM-50 (7 mass parts) and coke-modified wood flour grade 180 (50 mass parts). The introduction of cokes was carried out by adding and mixing them in the required amount into a small part of the wood flour (10% of the required amount), then the concentration of cokes in the wood flour was gradually reduced by adding and thoroughly mixing with the rest of the wood flour.

For the study of PVC composites, samples were obtained in the form of films and extrudates. Film samples were prepared by thermoplastication on laboratory rolls LB 200 100/100 at a roll temperature of 160–170°C for 4–5 minutes. Each series of samples was prepared simultaneously at the same temperature regime and at the same gap between the rolls ~0.010–0.020 cm.

The extrudates were produced by the extrusion method on a laboratory twin-screw extruder LabTechScientific LTE 16–40 with a flat die (2x20 mm) at a temperature in the forming zone of 210°C and a shaft rotation speed

**Table 1**  
**Test methods for PVC samples**

GOST	Names of GOST and main characteristics to be determined
14236-81	Polymer films. Tensile test method
11262-2017	Plastics. Tensile test method
4650-2014	Plastics. Methods for determining water absorption
11645-73	Plastics. Method for determining the melt flow rate of thermoplastics
14041-91	Plastics. Determination of the tendency for the release of hydrogen chloride and other acidic products at high temperatures in compositions and products based on vinyl chloride homopolymers and copolymers. The kongo method is red
15139-69	Plastics. Methods for determining density (bulk density)
32618-2014	Plastics. Thermomechanical Analysis (TMA)

of 14 rpm for 10-15 minutes. All series of samples were molded at the same extruder temperature profile.

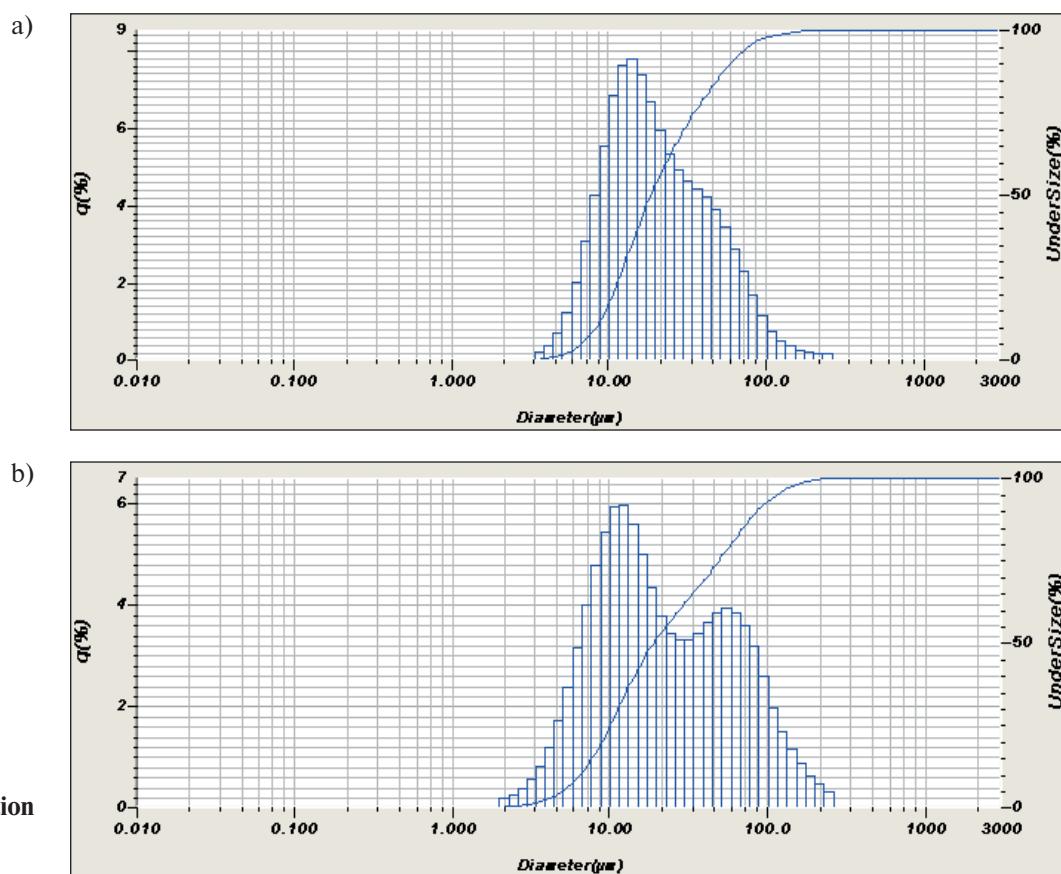
The particle size distribution of cokes was obtained on a Horiba LA-950 laser analyzer using ultrasonic treatment.

The study of the microstructure of brittle cleavages of the extrudates of WPC-compositions was carried out by high-resolution scanning electron microscopy on an AURIGA microscope, combined with an IncaEnergy 350 X-Max energy dispersion spectrometer (EDS).

Technological and operational properties of samples of composites based on PVC were carried out in accordance with the applicable standards given in Table 1.

## RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

The study of the granulometric composition showed that the average size of agglomerates of coke 1 particles was 28  $\mu\text{m}$ , coke 2—35  $\mu\text{m}$  (Fig. 1). The large sizes of aggregates of coke 2 in comparison with aggregates of coke 1



**Fig. 1. Size distribution of coke 1 (a) and coke 2 (b)**

are due to the fact that the latter has a higher degree of mechanoactivation, which means that there is a greater number of oxygen-containing groups on the surface of the particles, leading to different morphologies of aggregated coke particles and. It should be noted that the particle size distribution of coke 2 has a rather pronounced bimodal character.

The most important property of carbon structures is the ability to form chain structures. If you look at the distribution of coke particles with an electron microscope, you can see a significant difference in the morphology of the particles of the two cokes (Figure 2).

Agglomerates of coke 2 are lined up in the form of chains, and coke 1 in the form of dispersed particles of various sizes from 6 microns to single aggregates up to 100 microns in size. Due to the formation of chain structures, a higher degree of hardening of the polymer composite can be expected when they are introduced into the formulation of the polymer composition.

The study of the effect of cokes on the properties of the obtained WPC was first carried out on film samples, for which such indicators as tensile strength, melt flow index (MFI), and thermal stability were determined (Table 2).

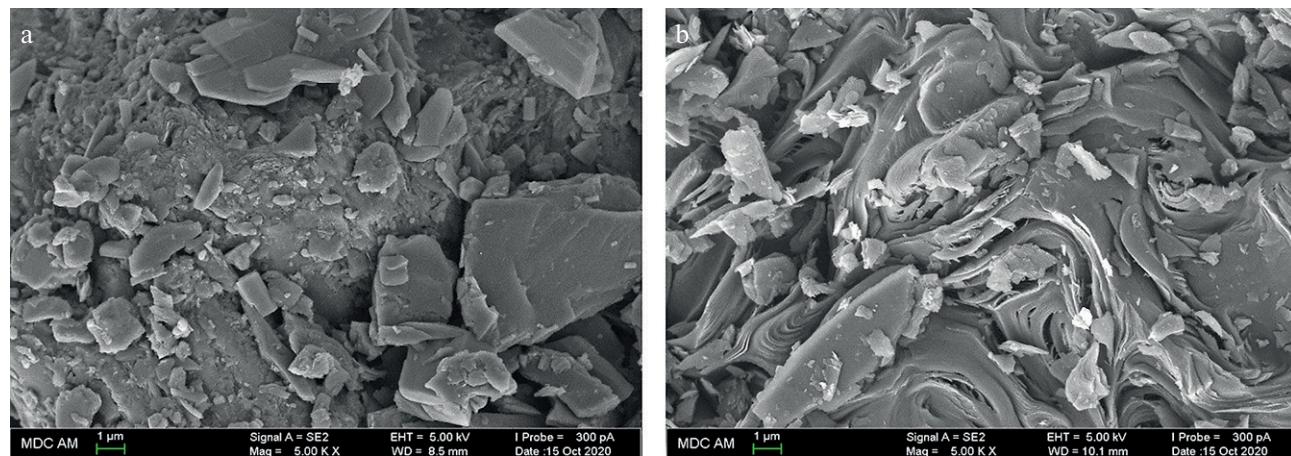


Fig. 2. Micrographs of coke 1 (a) and coke 2 (b)

*Table 2*  
**Dependences of strength (a), MFI (b) and thermal stability (c) for PVC film samples on the concentration of the modifier**

Concentration, % by weight of DM	Tensile strength, MPa	Melt flow rate, g/10 min	Thermal stability, min
<i>Coke 1</i>			
0	32	0.49	225
0.1	40	0.31	238
0.35	38	0.76	210
1	36	0.47	226
5	31	0.47	240
10	32	0.42	197
<i>Coke 2</i>			
0.1	37	0.15	211
0.35	34	0.52	232
1	36	0.82	241
5	35	2.43	253
10	36	1.41	234

**Table 3**  
Properties of extruded samples of PVC-WPC

Sample	Density, kg/m <sup>3</sup>	Tensile strength, MPa	Flexural strength, MPa	Water absorption, %	Vitrification interval, °C	Flow point, °C	High elas- ticity modu- lus, N/cm <sup>2</sup>
Basic	1.156	32	85	1.68	89–125	238	17
0,1% coke 1	1.175	34	86	1.61	94–127	230	26
5% coke 2	1.320	40	94	1.41	87–120	236	28

It can be seen from the data that the extremum of the tensile strength at break falls on 0.1%. In general, up to 10% of modifiers, strength indicators remain stably high. Coke 2 in the amount of 5 and 10% influences the processability of the compositions to a greater extent, while a significant decrease in the viscosity of the melts is observed. Obviously, the chain structure and size of aggregates of coke particles, close to the size of wood flour fibers, facilitate the processing of the melt. The maximum thermal stability time also falls on the composition with 5% coke 2.

Based on the results of testing film samples, the following optimal concentrations were selected for further

study: coke 1 – 0.1, and coke 2 – 5% of the mass of wood flour. Samples for these compositions were made in the form of extrudates.

The results of a number of operational and physical properties of the extrudates are shown in table 3.

Indicators (vitrification interval, vitrification and flow temperatures, high elasticity modulus) were obtained from the analysis of thermomechanical curves shown in Fig. 3.

Tensile strength increases by 23% with 5% coke 2. At these concentrations, coke particles apparently penetrate into the interglobular space of PVC macromolecules and wood flour particles, fill the voids and serve as a compatibilizer for the polymer-filler interface.

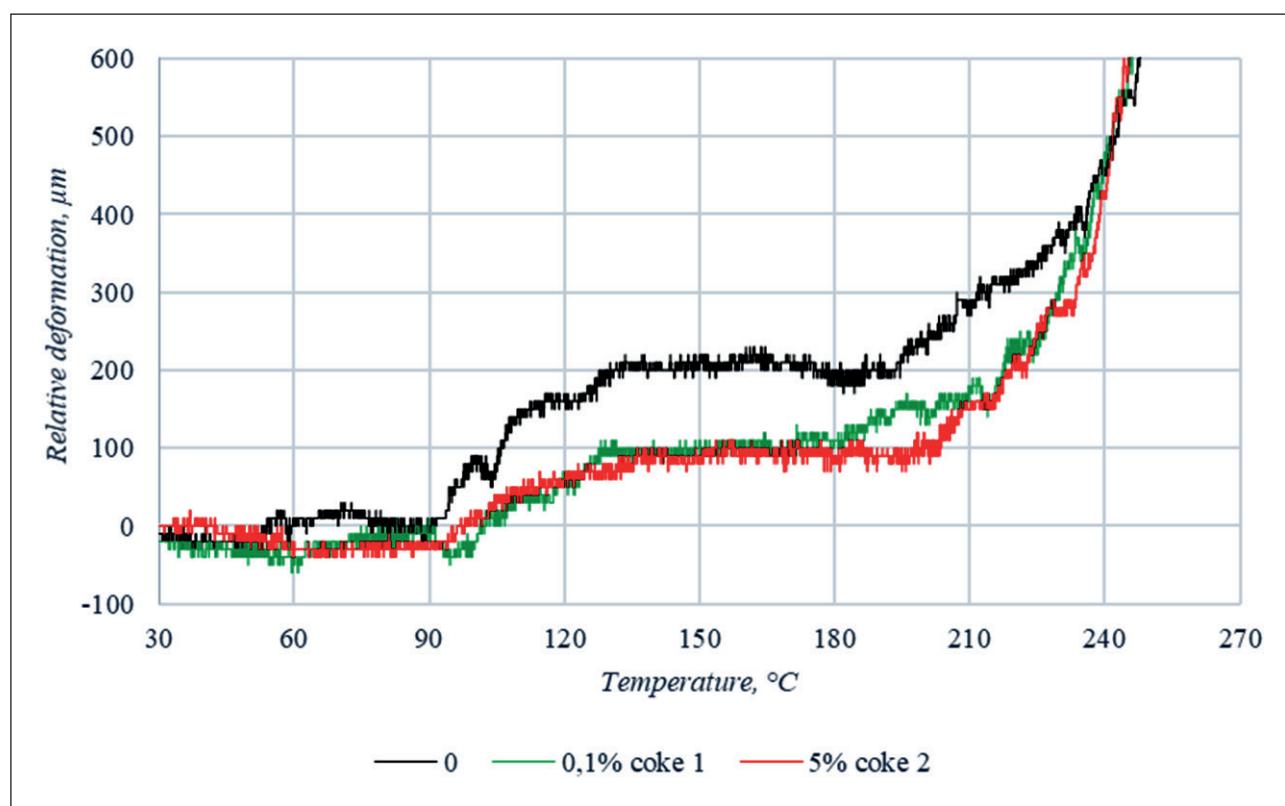
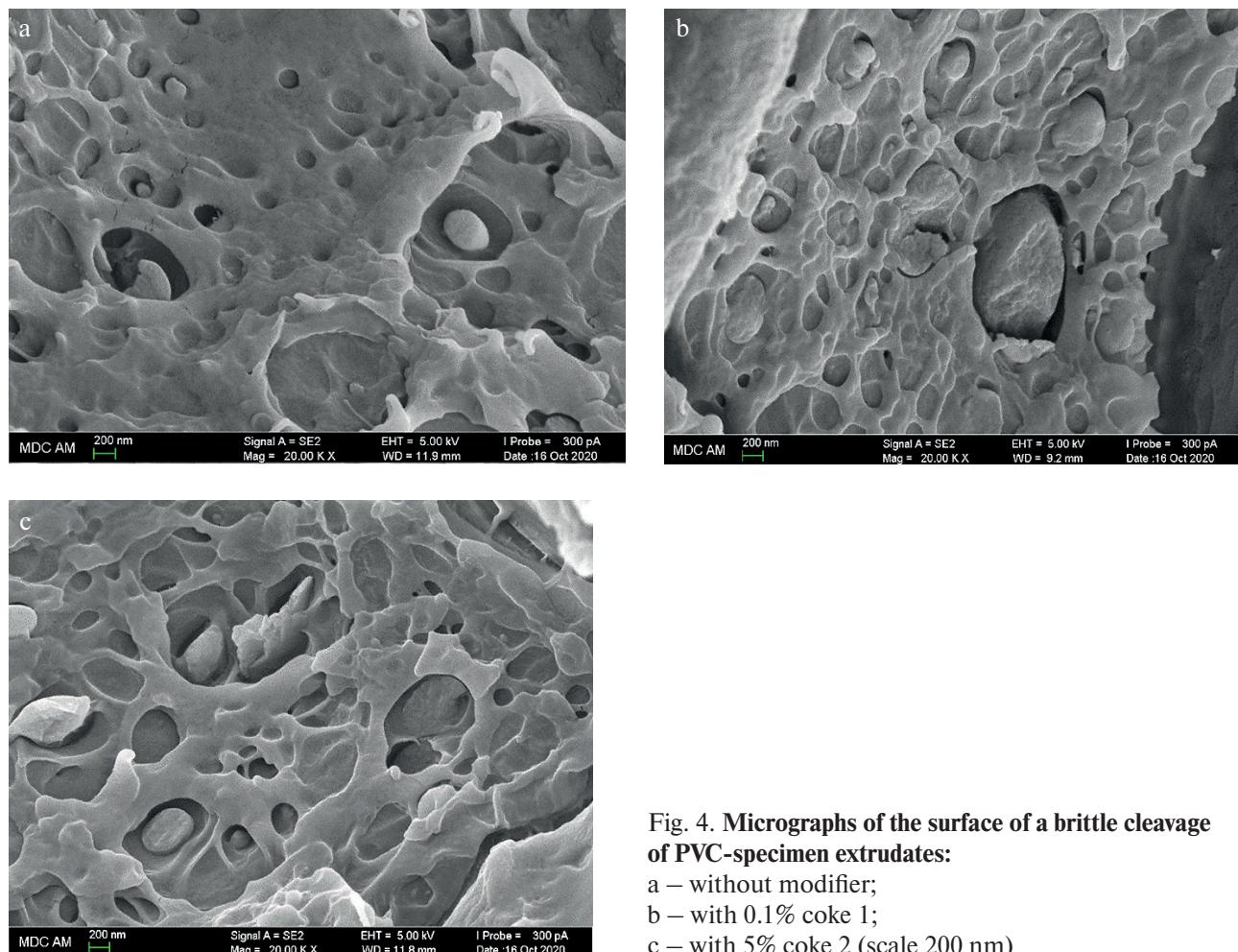


Fig. 3. Thermomechanical curves of PVC-WPC samples (rate of temperature rise 3°C/min, specific compressive load 1N)



**Fig. 4. Micrographs of the surface of a brittle cleavage of PVC-specimen extrudates:**  
a – without modifier;  
b – with 0.1% coke 1;  
c – with 5% coke 2 (scale 200 nm)

In WPC, in the presence of modifiers, the pour point decreases in all cases. A decrease in the magnitude of the highly elastic deformation is observed, and, accordingly, an increase in the modulus of elasticity.

The water absorption of the samples decreases in the presence of modifiers, which correlates with the data on strength and density (Fig. 3c). The water absorption of the composition with coke 1 is reduced by 17% and for coke 2 by 20%.

To explain the peculiarities of changes in the properties of extruded composites upon the introduction of cokes, the microstructure of the samples was studied. As shown in Fig. 4 micrographs in the nanometer range can be seen that for samples with 0.1% coke 1 and 5% coke 2, a greater degree of orientation of supramolecular structures in the direction of extrusion is observed as compared to an unmodified sample (especially in the presence of coke 2), which also causes a higher tensile strength.

## CONCLUSION

The introduction of mechanically activated petroleum cokes as binding agents in wood-polymer composites based on polyvinyl chloride has been carried out. Mechanical activation made it possible to reduce the aggregation of coke particles into larger agglomerates, which makes it possible to effectively introduce the nanomodifier in dry form, and not in the form of aqueous dispersions, which is a rather energy-intensive production operation.

The introduction of coke 1 in an amount of 0.1% increases strength by 18%, density by 9% and reduces water absorption by 17%. In compositions with a coke content of 2 in an amount of 5%, strength increases by 23%, density by 12%, water absorption decreases by 20%; in addition, the melt yield point increases by a factor of 5 in comparison with the base unmodified composition, which is especially important for obtaining high-quality samples when extruding profiles.

## REFERENCES

1. Klesov A.A. *Wood-polymer composites*. Saint-Petersburg: Scientific bases and technologies; 2010.
2. Matseevich T.A., Askadsky A.A. Mechanical properties of decking based on polyethylene, polypropylene and polyvinyl chloride. *Construction: Science and Education*. 2017; 7: 3(24): 48–59. Available from: [doi: 10.22227/2305-5502.2017.3.4](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2017.3.4).
3. Musin I.N., Faizullin I.Z., Novokshonov V.V., Wolfson S.I. Influence of polymer binder on the properties of wood-polymer composites. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2014; 17(14): 306–309.
4. Engel R.G., Ablyasova A.G., Galimova N.Y., Kuryntsev S.V., Nizamov R.K. Composite Materials based on poly(vinyl chloride). *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*. 2011; 5(3): 27.
5. Nizamov R.K. Polyfunctional fillers for polyvinyl chloride compositions for construction purposes. *Building materials*. 2006; 7: 68–70.
6. Silvano L.T., Vittorazzo Jr. A.L., Araujo R.G. Effect of preparation method on the electrical and mechanical properties of PVC Carbon nanotubes nanocomposites. *Materials Research*. 2018; 21(5): 1–6. Available from: [doi: 10.1590/1980-5373-MR-2017-1148](https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-1148).
7. Shieh Y.-T., Hsieh K.-C., Cheng C.-C. Carbon nanotubes stabilize polyvinyl chloride against thermal degradation. *Polymer Degradation and Stability*. 2017; 144: 221–230. Available from: [doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2017.08.017](https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.08.017).
8. Aigubova A.Ch., Kozlov G.V., Magomedov G.M., Zaikov G.E. Structural analysis of water absorption for nanocomposites polyvinyl chloride/carbon nanotubes. *Vestn. Volgogr. State University*. 2015; 4(19): 40–46. Available from: [doi: 10.15688/jvolsu10.2015.4.6](https://doi.org/10.15688/jvolsu10.2015.4.6).
9. Pachina A.N., Kassin A.S., Tikhonov N.N., Komissarov D.M. Methods for increasing the atmospheric resistance of polyvinyl chloride. *Advances in chemistry and chemical technology*. 2017; 31(11): 93–95.
10. Zaporotskova IV, Krutoyarov AA, Polikarpova NP. Theoretical studies of polymer nanocomposites based on polyethylene, polypropylene and polyvinyl chloride, reinforced with carbon nanotubes. *Perspective materials*. 2015; 3: 5–11.
11. Ashrapov A.Kh., Abdurakhmanova L.A., Nizamov R.K., Khozin V.G. Investigation of polyvinyl chloride compositions with carbon nanotubes. *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*. 2011; 3(3): 13–24. Available from: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_3\\_2011.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_3_2011.pdf) [Accessed 14<sup>th</sup> April 2021].
12. Khozin V.G., Nizamov R.K. Polymer nanocomposites for construction purposes. *Building materials*. 2009; 8: 32–34.
13. Baccaro S., Cataldo F., Cecilia A., Cemmi A., Padella F., Santini A. Interaction between reinforce carbon black and polymeric matrix for industrial applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. 2003; 208: 191–194. Available from: [doi: 10.1016/S0168-583X\(03\)00638-4](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(03)00638-4).
14. Hatthapanit K., Sae-Oui P., Sombatsompop N., Sirisinha C. Enhancement of Rubber–Carbon Black Interaction by Amine-Based Modifiers and their Effect on Viscoelastic and Mechanical Properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2012; 1–7. Available from: [doi: 10.1002/app.36969](https://doi.org/10.1002/app.36969).
15. Mazlina M.K. Influence of Fillers Surface Characteristics on Bound Rubber Properties of Filled Natural Rubber Compounds. *Advanced Materials Research*. 2014; 412–416. Available from: [doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.845.412](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.845.412).
16. Borukaev T.A., Gaev D.S. Physical and mechanical properties of composites based on high density polyethylene and carbon black. *Applied Physics*. 2017; 5: 76–81.
17. Saatchi M.M., Shojaei A. Effect of carbon-based nanoparticles on the cure characteristics and network structure of styrene-butadiene rubber vulcanizate. *Polym. Int.* 2012; 4: 83–93.
18. Igumenova T.I., Kleimenova N.L., Akatov E.S., Popov G.V. Application of fullerene-containing carbon black for modification of polyethylene properties. *Vestnik TSTU*. 2011; 17(4): 1071–1076.
19. Svistkov A.L., Solodko V.N., Kondyrin A.V., Eliseeva A.Yu. Hypothesis on the role of free radicals on the surface of carbon black nanoparticles in the formation of mechanical properties of filled rubber. *Physical Mesomechanics*. 2016; 19(5): 84–93.
20. Amirov R.R., Neklyudov S.A., Amirova L.M. *A method of obtaining compositions based on carbon nanotubes and polyolefins*. Russian Federation Patent 2490204. 12-19-2011.
21. Bogdanova S.A., Gataullin A.R., Galyametdinov Yu.G. Dispersions of carbon nanotubes as modifying additives for polymer composite materials. *Actual problems of science on polymers*. 2018: 82.
22. Gusev K.V., Soloviev V.G. Influence of carbon nanotubes on the mechanical properties of polymer composites. *Bulletin of the Pskov State University. Series: Natural and physical and mathematical sciences*. 2017; 11: 150–153.

23. Ferreira T., Paiva M.C., Pontes A.J. Dispersion of carbon nanotubes in polyamide 6 for microinjection moulding. *Journal of Polymer Research*. 2013; 20: 301–310. Available from: [doi: 10.1007/s10965-013-0301-7](https://doi.org/10.1007/s10965-013-0301-7).
24. Paiva M., Simon F., Novais R. et al. Controlled functionalization of a solvent-free multicomponent approach. *ACS Nano*. 2010; 4(12): 7379–7386. Available from: [doi: 10.1021/nn1022523](https://doi.org/10.1021/nn1022523).
25. Nasir M., Mohammad I., Asad H. et al. Polyamide-6-based composites reinforced with pristine or functionalized multi-walled carbon nanotubes produced using melt extrusion technique. *Journal of Composite Materials*. 2014; 48(10): 1197–1207. Available from: [doi: 10.1177/0021998313484779](https://doi.org/10.1177/0021998313484779).
26. Dyachkova T.P., Tarov D.V., Kobzev D.E. Investigation of the properties of polyethylene composites based on functionalized carbon nanotubes. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU. Natural and engineering sciences*. 2019; 25(1): 163–173. Available from: [doi: 10.18721/JEST.25116](https://doi.org/10.18721/JEST.25116).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Lyaylya A. Abdurakhmanova**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3905-5730>, e-mail: laa@kgasu.ru

**Ruslan R. Galeev**, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of Department, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3377-0947>, e-mail: rooslan\_galeyev@mail.ru

**Ayaz G. Khantimirov**, Postgraduate Student of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, e-mail: khantimirov94@mail.ru

**Vadim G. Khozin**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-316X>, e-mail: khozin.vadim@yandex.ru

**Authors declare the absence of any competing interests.**

*Received: 28.04.2021.*

*Revised: 21.05.2021.*

*Accepted: 26.05.2021.*



## Эффективность углеродных наноструктур в составе древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида

Л.А. Абдрахманова<sup>1\*</sup> , Р.Р. Галеев<sup>2</sup> , А.Г. Хантимиров<sup>1</sup>, В.Г. Хозин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ), г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Набережно-Челнинский институт Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Россия

\*Контакты: e-mail: laa@kgasu.ru

**РЕЗЮМЕ: Введение.** Наиболее эффективными связующими агентами в древесно-полимерных композициях на основе поливинилхлорида являются углеродсодержащие наноструктуры, приводящие к улучшению электрических, физико-механических, реологических свойств, а также структуры и долговечности композитов. Главным недостатком их является высокая степень агрегирования частиц, что обуславливает сложности смешения и переработки их в составе полимерных композиций. В связи с этим актуальной задачей является поиск таких углеродных наномодификаторов, которые имели бы низкую степень агрегирования и невысокую стоимость. **Методы и материалы.** В работе изучена эффективность в качестве связующих агентов в строительных древесно-полимерных композитах на основе поливинилхлорида механоактивированных нефтяных коксов. Механоактивация приводит к функционализации углеродных частиц кокса с образованием на поверхности кислородсодержащих групп. Рассмотрено влияние различных количеств кокса (до 10% от массы древесной муки), и установлена взаимосвязь природы коксов и их концентрации в составе полимерных композиций с основными технологическими (текущесть расплава) и эксплуатационными (прочность на растяжение и изгиб, модуль высокоеэластичности, твердость, водопоглощение и термостабильность) показателями и надмолекулярной структурой древесно-полимерных композитов. **Результаты и обсуждение.** При введении коксов наблюдается большая степень ориентации надмолекулярных структур композитов по направлению экструдирования образцов, что обуславливает повышение разрывной прочности и прочности при изгибе, а также модуля высокоеэластичности. Установлены оптимальные концентрации добавок от 0,1 до 5 масс.% по отношению к древесной муке, количество которого в древесно-полимерной композиции составляет 50 на 100 м.ч. ПВХ. **Заключение.** Осуществлено введение механоактивированных нефтяных коксов в качестве связующих агентов в древесно-полимерных композитах на основе поливинилхлорида. Механоактивация позволила уменьшить агрегирование частиц кокса в более крупные агломераты, что дает возможность эффективного введения наномодификатора в сухом виде и исключить введение наномодификатора в виде водных дисперсий, являющегося довольно энергоемкой операцией производства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** поливинилхлорид, древесно-полимерный композит, связующий агент, углеродные наноструктуры.

**БЛАГОДАРНОСТИ:** Институту катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН (Омский филиал) в лице Баклановой О.Н. за предоставленные образцы механоактивированных нефтяных коксов Усть-Каменогорского нефтезавода.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Абдрахманова Л.А., Галеев Р.Р., Хантимиров А.Г., Хозин В.Г. Эффективность углеродных наноструктур в составе древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 150–157. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-150-157.

### ВВЕДЕНИЕ

Древесно-полимерные композиты (ДПК) – современные композиционные материалы, получаемые путем совмещения термопластичных полимеров с органическими наполнителями. Наибольший ин-

терес в качестве наполнителя для ДПК представляет древесная мука, позволяющая получать профильно-погонажные изделия самого разного функционального назначения в строительстве. Данным изделиям характерны высокая био-, атмосферостойкость, низкое водопоглощение, однородность структуры

и хорошая комбинируемость с другими строительными материалами [1].

В качестве полимера в ДПК обычно используют полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) и поливинилхлорид (ПВХ), однако с точки зрения эксплуатационных характеристик для строительной отрасли наиболее предпочтительно использование ПВХ [2–5].

Главным способом снижения себестоимости изделий из ДПК является увеличение степени наполнения композитов (до и более 50 м.ч.). Однако это зачастую негативно сказывается как на технологических, так и на эксплуатационных характеристиках, что связано с ухудшением адгезии между наполнителем и полимером. Наиболее эффективным способом увеличения степени взаимодействия между древесной мукой и полимерной матрицей является использование связующих агентов. В настоящее время для полимеров широко распространены связующие агенты в виде наноразмерных добавок, главным образом, имеющие углеродную основу, среди которых наиболее эффективными являются углеродные нанотрубки и наноразмерный технический углерод.

Влияние нанотрубок на свойства ПВХ-композиций изучено довольно широко [6–12]. В данных трудах подробно показаны улучшения электрических, физико-механических, реологических свойств, а также структуры и долговечности таких композитов.

Известны исследования влияния на различные полимерные композиты наноразмерного технического углерода [13–18]. Однако влияние технического углерода на свойства ПВХ-композитов мало изучено, в большей степени такие исследования проведены на основе полиолефинов. В [16] были получены полимерные композитные материалы на основе полиэтилена высокой плотности и технического углерода с размером частиц 20–35 нм. Оптимальное улучшение свойств (прочность на разрыв, деформация разрыва, предел текучести расплава, электропроводность) наблюдалось в диапазоне 12–18% масс.

В [18] были изучены составы на основе полиэтилена, наполненные фуллеренсодержащим техническим углеродом. Фуллерены группы C<sub>50</sub>–C<sub>92</sub> содержались в наполнителе в количестве 10% масс. Было установлено, что введение фуллеренсодержащего углерода до 1,5 масс.ч. значительно повышает прочность при разрыве (в 1,5 раза), но одновременно с этим снижается предел текучести расплава, что отрицательно сказывается на перерабатываемости композиций.

Существуют две основные гипотезы [19] для объяснения эффекта усиления материала при введении технического углерода. Согласно одной из них, данный эффект объясняется наличием ван-дер-

ваальсовых сил взаимодействия между атомами углерода в частицах модификатора и полимерных цепей; другая гипотеза предполагает межфазное взаимодействие за счет наличия свободных радикалов на поверхности частиц технического углерода, способных инициировать процесс химической сшивки на границе раздела фаз.

Как известно, основным недостатком наноразмерных добавок является высокая склонность к агрегированию, за счет чего сложно добиться равномерного распределения их в объеме полимерного композита. Для решения данной проблемы нанодобавки распределяют в различных средах-носителях, предотвращающих их слипание [20–22]. Однако дополнительное распределениеnanoструктур в средах-носителях приводит к еще большему удорожанию и без того недешевых нанодобавок, к введению в технологию производства дополнительного оборудования.

Другим способом предотвращения агрегирования nanoструктур является функционализация их поверхности, которая уже показала свою эффективность по сравнению с нативными модификаторами [23–26]. Введение функционализированных nanoструктур не требует введения дополнительных технологических операций, однако данный нанопродукт сам по себе является достаточно дорогостоящим, что является существенным недостатком для производителей полимерных изделий и сказывается на себестоимости продукции.

Таким образом, актуальной задачей является поиск таких углеродных наномодификаторов, которые имели бы низкую степень агрегирования, невысокую стоимость, а также поставлялись в сухом порошкообразном виде для исключения дополнительных энергоемких стадий в производстве ДПК-композитов.

В данной работе в качестве наномодификатора был использован механоактивированный продукт переработки нефтяного кокса, представляющий собой мелкодисперсный порошок черного цвета. Механическая активация сопровождается появлением на поверхности частиц кокса кислородсодержащих групп, которые придают отрицательный заряд, за счет чего возрастают кулоновские силы отталкивания между заряженными агрегатами, и, соответственно, предотвращается их агрегирование в более крупные агломераты. Был использован кокс с различными степенями механоактивации: 1,34 мэкв/г (кокс 1) и 0,57 мэкв/г (кокс 2). В случае применения их в составе гидрофобных полимерных композиций возможно ожидать увеличения взаимодействия на границе раздела фаз.

Целью данной работы явилось исследование влияния различных количеств кокса (до 10 на 100 м.ч. ПВХ) на эксплуатационные свойства древесно-

полимерных композитов на основе ПВХ и оценка его эффективности в качестве связующего агента по сравнению с ранее использованными нанодобавками углеродной структуры.

## МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Составы композиций включали в себя ПВХ марки С-7059-М (100 м.ч.), стабилизатор-смазку стеарат кальция (3 м.ч.), термостабилизатор двухосновный стеарат свинца (5 м.ч.), модификатор ударной прочности FM-50 (7 м.ч.) и модифицированную коксом древесную муку марки 180 (50 м.ч.). Введение коксов осуществлялось путем их добавления и смешения в необходимом количестве в небольшую часть древесной муки (10% от необходимого количества), затем содержание коксов в древесной муке постепенно уменьшали за счет добавления и тщательного перемешивания с оставшейся частью древесной муки.

Для исследования ПВХ-композиций были получены образцы в виде пленок и экструдатов. Пленочные образцы готовились методом термопластикации на лабораторных вальцах ЛБ 200 100/100 Э при температуре валков 160–170°C образцов в течение 4–5 мин. Каждая серия образцов готовилась одновременно при одинаковом температурном режиме и при одинаковом зазоре между валками ~0,010–0,020 см.

Экструдаты изготавливались методом экструзии на лабораторном двухшнековом экструдере LabTechScientificLTE 16-40 с фильтерой плоского сечения (2x20 мм) при температуре в формующей зоне 210°C и скорости вращения валков 14 об/мин в течение 10–15 мин. Все серии образцов формировались при одинаковом профиле температур экструдера.

Распределение частиц по размерам для коксов получено на лазерном анализаторе Horiba LA-950 с применением ультразвуковой обработки.

Изучение микроструктуры хрупких сколов экструдатов ДПК-композиций осуществлялось методом высокоразрешающей сканирующей электронной микроскопии на микроскопе AURIGA, совмещенном со спектрометром энергетической дисперсии (EDS) IncaEnergy 350 X-Max.

Технологические и эксплуатационные свойства образцов композитов на основе ПВХ проводились в соответствии с действующими стандартами, приведенными в табл. 1.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование гранулометрического состава показало, что средние размеры агломератов частиц кокса 1 составили 28 мкм, кокса 2 – 35 мкм (рис. 1). Большие размеры агрегатов кокса 2 по сравнению с агрегатами кокса 1 обусловлены тем, что у последнего степень механоактивации выше, а значит, имеется большее количество кислородосодержащих групп на поверхности частиц, приводящих к разной морфологии агрегированных частиц кокса. Следует отметить, что распределение частиц по размерам кокса 2 имеет достаточно выраженный бимодальный характер.

Важнейшим свойством углеродных структур является способность образовывать цепочные структуры. Если посмотреть распределение частиц коксов в электронный микроскоп, то можно увидеть значительную разницу в морфологии частиц двух коксов (рис. 2).

Агломераты кокса 2 выстроены в виде цепочек, а кокса 1 в виде дисперсных частиц разного размера от 6 мкм до единичных агрегатов размером до 100 мкм. За счет образования цепочечных структур можно ожидать при введении их в рецептуру полимерной композиции большей степени упрочнения полимерного композита.

Таблица 1  
Методы испытаний ПВХ-образцов

ГОСТ	Названия ГОСТ и основные определяемые характеристики
14236-81	Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение
11262-2017	Пластмассы. Метод испытания на растяжение
4650-2014	Пластмассы. Методы определения водопоглощения
11645-73	Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов
14041-91	Пластмассы. Определение тенденции к выделению хлористого водорода и других кислотных продуктов при высокой температуре у композиций и продуктов на основе гомополимеров и сополимеров винилхлорида. Метод конго красный
15139-69	Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)
32618-2014	Пластмассы. Термомеханический анализ (ТМА)

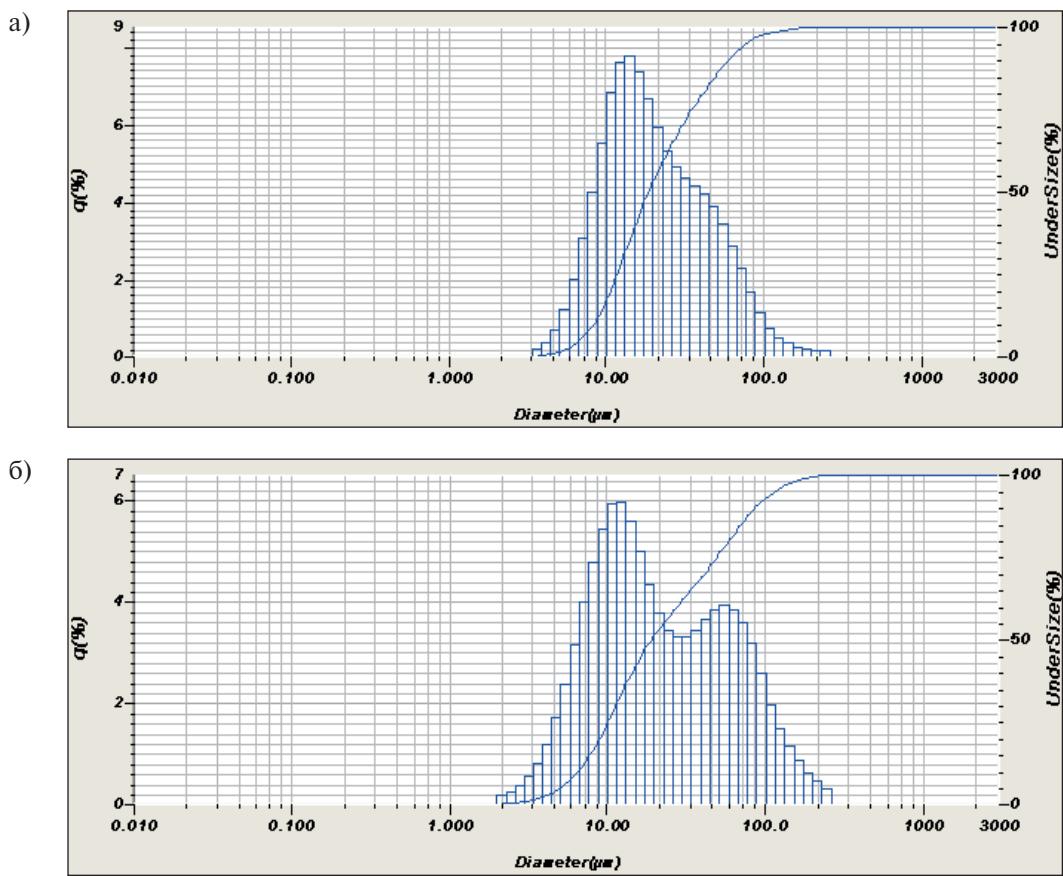


Рис. 1. Распределение частиц кокса 1 (а) и кокса 2 (б) по размерам

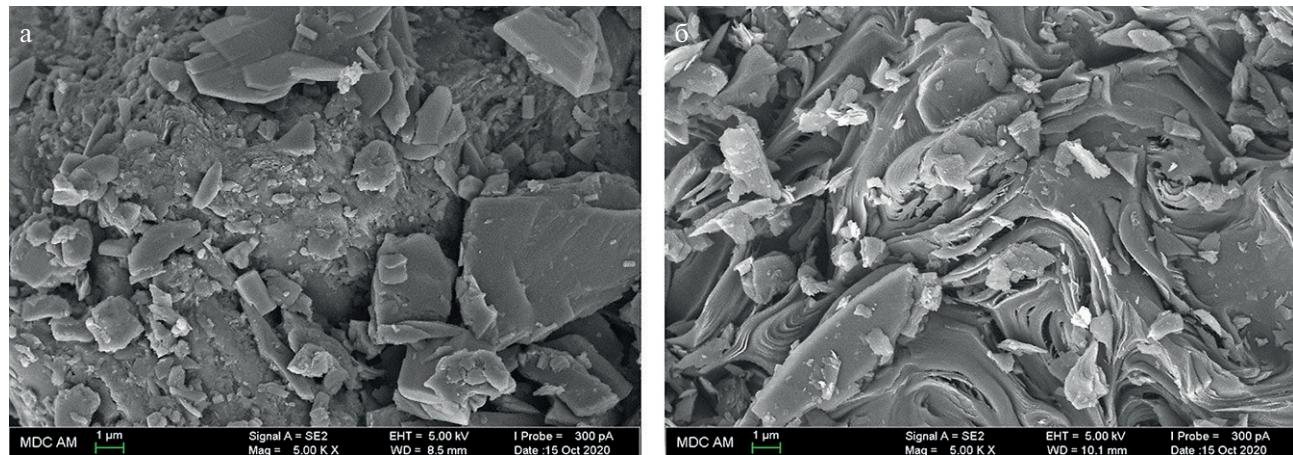


Рис. 2. Микрофотографии кокса 1 (а) и кокса 2 (б)

Из данных видно, что экстремум предела прочности при разрыве приходится на 0,1%. В целом почти у 10% модификаторов показатели прочности остаются стабильно высокими. Характерно, что в большей степени на перерабатываемость композиций оказывает влияние кокс 2 в количестве 5 и 10%, при этом наблюдается значительное снижение вязкости расплавов.

Очевидно, цепочное строение и размеры агрегатов частиц кокса, близкие с размерами волокон древесной муки, способствуют облегчению переработки расплава. Максимальное время термостабильности также приходится на композицию с 5% кокса 2.

По результатам испытаний пленочных образцов для дальнейшего изучения были выбраны следующие

Таблица 2

Зависимости прочности (а), ПТР (б) и термостабильности (в) для пленочных образцов ПВХ от концентрации модификатора

Концентрация в % от массы древесной муки	Прочность на растяжение, МПа	Показатель текучести расплава г/10 мин.	Термостабильность, мин.
<b>Кокс 1</b>			
0	32	0,49	225
0,1	40	0,31	238
0,35	38	0,76	210
1	36	0,47	226
5	31	0,47	240
10	32	0,42	197
<b>Кокс 2</b>			
0,1	37	0,15	211
0,35	34	0,52	232
1	36	0,82	241
5	35	2,43	253
10	36	1,41	234

Таблица 3

Свойства экструдированных образцов ПВХ-ДПК

Образец	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при растяжении, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Водопоглощение, % масс.	Интервал стеклования, °C	Температура текучести, °C	Модуль высокоеэластичности, Н/см <sup>2</sup>
Базовый	1.156	32	85	1.68	89–125	238	17
С 0,1% кокса 1	1.175	34	86	1.61	94–127	230	26
С 5% кокса 2	1.320	40	94	1.41	87–120	236	28

оптимальные концентрации: кокс 1 – 0,1, а кокс 2 – 5% от массы древесной муки. Образцы для данных композиций были изготовлены в виде экструдатов.

Результаты ряда эксплуатационных и физических свойств экструдатов приведены в табл. 3.

Показатели (интервал стеклования, температуры стеклования и текучести, модуль высокоеэластичности) получены из анализа термомеханических кривых, представленных на рис.3.

Прочность при растяжении повышается на 23% с 5% кокса 2. При данных концентрациях, очевидно, частицы кокса проникают в межглобуллярное пространство макромолекул ПВХ и частиц древесной муки, заполняют пустоты и служат компатибилизатором для границы раздела «полимер-наполнитель».

В ДПК в присутствии модификаторов во всех случаях уменьшается температура текучести. Наблюдается уменьшение величины высокоеэластической

деформации и, соответственно, увеличение модуля высокоеэластичности.

Водопоглощение образцов уменьшается в присутствии модификаторов, что коррелирует с данными по прочности и плотности (рис. 3в). Водопоглощение композиции с коксом 1 снижается на 17% и для кокса 2 на 20%.

Для объяснения особенностей изменения свойств экструдированных композитов при введении коксов было проведено изучение микроструктуры образцов. По представленным на рис. 4 микрофотографиям в нанометровом диапазоне видно, для образцов с 0,1% кокса 1 и 5% кокса 2 наблюдается большая степень ориентации надмолекулярных структур в направлении экструдирования по сравнению с немодифицированным образцом (особенно в присутствии кокса 2), что обуславливает и большую разрывную прочность.

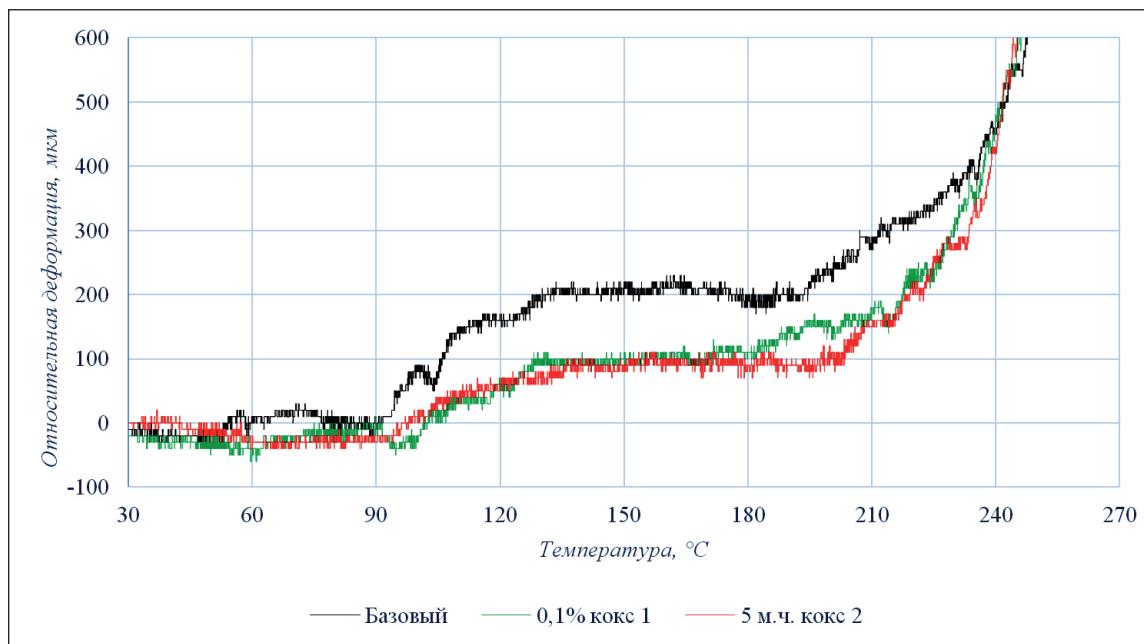


Рис. 3. Термомеханические кривые образцов ПВХ-ДПК (скорость подъема температуры 3°С/мин, удельная нагрузка сжатия 1 Н)

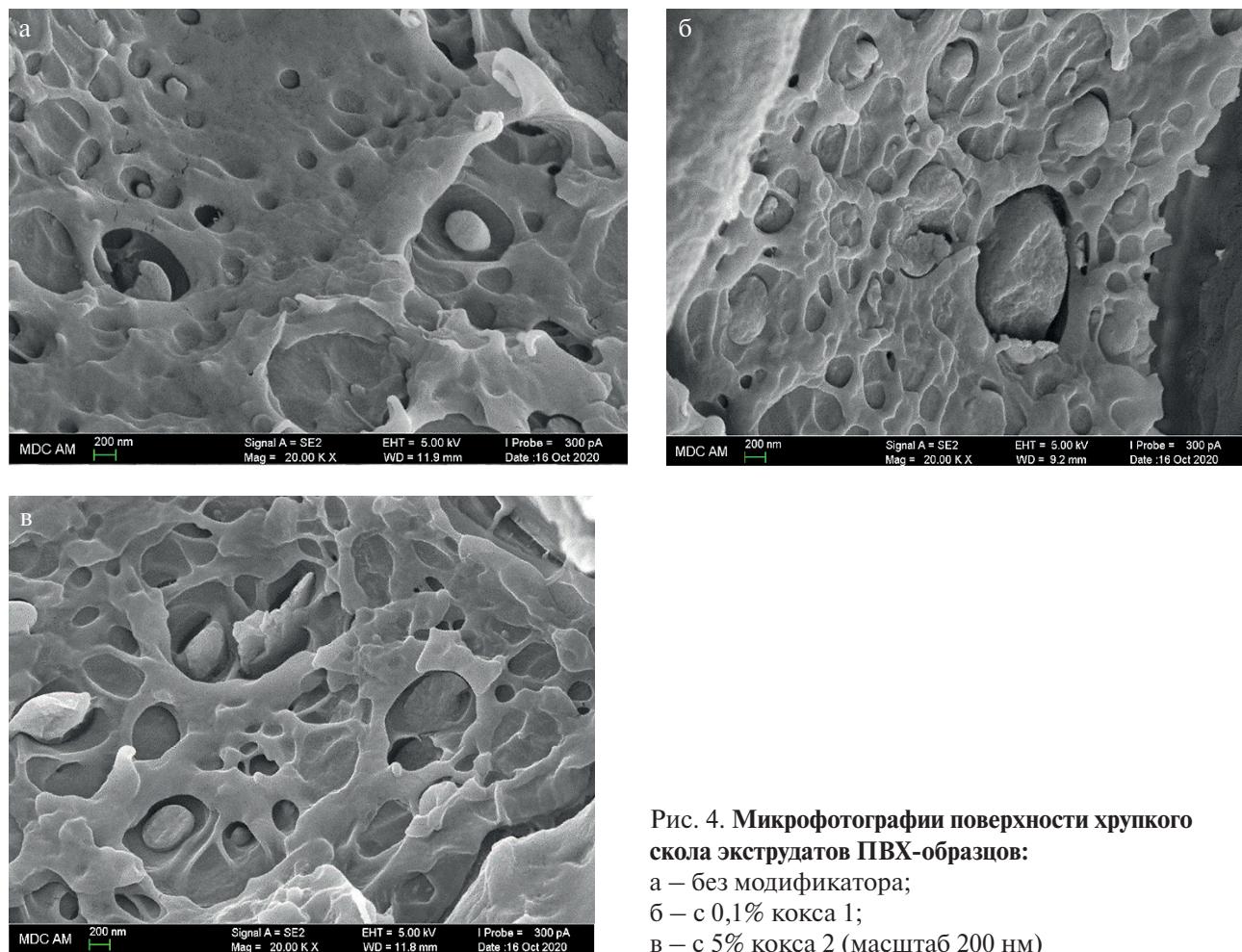


Рис. 4. Микрофотографии поверхности хрупкого скола экструдатов ПВХ-образцов:  
а – без модификатора;  
б – с 0,1% кокса 1;  
в – с 5% кокса 2 (масштаб 200 нм)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлено введение механоактивированных нефтяных коксов в качестве связующих агентов в древесно-полимерных композитах на основе поливинилхлорида. Механоактивация позволила уменьшить агрегирование частиц кокса в более крупные агломераты, что дает возможность эффективного введения наномодификатора в сухом виде, а не в виде водных дисперсий, являющегося довольно энергоемкой операцией производства.

Введение кокса 1 в количестве 0,1% повышает прочность на 18%, плотность на 9% и снижает водопоглощение на 17%. В композициях с содержанием кокса 2 в количестве 5% увеличивается прочность на 23%, плотность на 12%, снижается водопоглощение на 20%; кроме того, предел текучести расплава возрастает в 5 раз по сравнению с базовой немодифицированной композицией, что особенно важно для получения качественных образцов при экструдировании профилей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клесов А.А. Древесно-полимерные композиты / А.А. Клесов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 736 с.
2. Мацеевич Т.А., Аскадский А.А. Механические свойства террасной доски на основе полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида // Строительство: наука и образование. – 2017. – Том 7, №3 (24). – 48–59. – DOI: [10.22227/2305-5502.2017.3.4](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2017.3.4).
3. Мусин И. Н., Файзуллин И. З., Новокшонов В.В., Вольфсон С.И. Влияние полимерного связующего на свойства древесно-полимерных композитов // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2014. – Т. 17, № 14. – С. 306–309.
4. Engel R.G., Ablyasova A.G., Galimova N.Y., Kuryntsev S.V., Nizamov R.K. Composite Materials based on poly(vinyl chloride). *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies*. 2011; 5(3): 27.
5. Низамов Р.К. Полифункциональные наполнители для поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. – 2006. – № 7. – С. 68–70.
6. Silvano L.T., Vittorazzo Jr. A.L., Araujo R.G. Effect of preparation method on the electrical and mechanical properties of PVC Carbon nanotubes nanocomposites. *Materials Research*. 2018; 21(5): 1–6. Available from: doi: [10.1590/1980-5373-MR-2017-1148](https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-1148).
7. Shieh Y.-T., Hsieh K.-C., Cheng C.-C. Carbon nanotubes stabilize polyvinyl chloride against thermal degradation. *Polymer Degradation and Stability*. 2017; 144: 221–230. Available from: doi: [10.1016/j.polymdegradstab.2017.08.017](https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.08.017).
8. Айгубова А.Ч., Козлов Г.В., Магомедов Г.М., Заиков Г.Е. Структурный анализ водопоглощения для нанокомпозитов поливинилхлорид/углеродные нанотрубки // Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. – 2015. – № 4(19). – С. 40–46. – DOI: [10.15688/jvolsu10.2015.4.6](https://doi.org/10.15688/jvolsu10.2015.4.6).
9. Пачина А.Н., Кассин А.С., Тихонов Н.Н., Комиссаров Д.М. Методы повышения атмосферной стойкости поливинилхлорида // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Том 31. – № 11. – С. 93–95.
10. Запороцкова И. В., Крутояров А. А., Поликарпова Н. П. Теоретические исследования полимерных нанокомпозитов на основе полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида, армированных углеродными нанотрубками // Перспективные материалы. – 2015. – № 3. – С. 5–11.
11. Ашрапов А.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Исследование поливинилхлоридных композиций с углеродными нанотрубками // Нанотехнологии в строительстве. – 2011. – Т. 3, № 3. – С. 13–24. – URL: [http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild\\_3\\_2011.pdf](http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_3_2011.pdf) (дата обращения: 14. 04. 2021).
12. Хозин В.Г., Низамов Р.К. Полимерные нанокомпозиты строительного назначения // Строительные материалы. – 2009. – № 8. – С. 32–34.
13. Baccaro S., Cataldo F., Cecilia A., Cemmi A., Padella F., Santini A. Interaction between reinforce carbon black and polymeric matrix for industrial applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. 2003; 208: 191–194. Available from: doi: [10.1016/S0168-583X\(03\)00638-4](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(03)00638-4).
14. Hatthapanit K., Sae-Oui P., Sombatsompop N., Sirisinha C. Enhancement of Rubber–Carbon Black Interaction by Amine-Based Modifiers and their Effect on Viscoelastic and Mechanical Properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2012; 1–7. Available from: doi: [10.1002/app.36969](https://doi.org/10.1002/app.36969).
15. Mazlina M.K. Influence of Fillers Surface Characteristics on Bound Rubber Properties of Filled Natural Rubber Compounds. *Advanced Materials Research*. 2014; 412–416. Available from: doi: [10.4028/www.scientific.net/AMR.845.412](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.845.412).

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

16. Борукаев Т.А., Гаев Д.С. Физико-механические свойства композитов на основе полиэтилена высокой плотности и технического углерода // Прикладная физика. – 2017. – № 5. – С. 76–81.
17. Saatchi M.M, Shojaei A. Effect of carbon-based nanoparticles on the cure characteristics and network structure of styrene-butadiene rubber vulcanizate. *Polym. Int.* 2012; 4: 83–93.
18. Игуменова Т.И., Клейменова Н.Л., Акатов Е.С., Попов Г.В. Применение фуллеренсодержащего технического углерода для модификации свойств полиэтилена // Вестник ТГТУ. – 2011. – Том 17. – № 4. – С. 1071–1076.
19. Свистков А.Л., Солодько В.Н., Кондюрин А.В., Елисеева А.Ю. Гипотеза о роли свободных радикалов на поверхности наночастиц технического углерода в формировании механических свойств наполненного каучука // Физическая мезомеханика. – 2016. – Том 19, № 5. – С. 84–93.
20. Амирров Р.Р., Неклюдов С.А., Амиррова Л.М. Способ получения композиций на основе углеродных нанотрубок и полиолефинов // Патент РФ № 2490204, кл. B82B 3/00, C08J 3/205, C08J 7/04, C08L 23/00, C08K 3/04. – Заявитель и патентообладатель Казан. Фед. Ун-т. – 2011151928/04; заявл. 19.12.2011; опубл. 20.08.2011, бюл. № 23. – 11 с.
21. Богданова С.А., Гатауллин А.Р., Галиметдинов Ю.Г. Дисперсии углеродных нанотрубок как модифицирующие добавки для полимерных композиционных материалов // Актуальные проблемы науки о полимерах. – 2018. – С. 82.
22. Гусев К.В., Соловьев В.Г. Влияние углеродных нанотрубок на механические свойства полимерных композитов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. – 2017. – № 11. – С. 150–153.
23. Ferreira T., Paiva M.C., Pontes A.J. despersions of carbon nanotubes in polyamide 6 for microinjection moulding. *Journal of Polymer Research*. 2013; 20: 301–310. Available from: [doi: 10.1007/s10965-013-0301-7](https://doi.org/10.1007/s10965-013-0301-7).
24. Paiva M., Simon F., Novais R. et al. Controlled functionalization of a solvent-free multicomponent approach. *ACSNano*. 2010; 4(12): 7379–7386. Available from: [doi: 10.1021/nn1022523](https://doi.org/10.1021/nn1022523).
25. Nasir M., Mohammad I., Asad H. et al. Polyamide-6-based composites reinforced with pristine or functionalized multi-walled carbon nanotubes produced using melt extrusion technique. *Journal of Composite Materials*. 2014; 48(10): 1197–1207. Available from: [doi: 10.1177/0021998313484779](https://doi.org/10.1177/0021998313484779).
26. Дьячкова Т.П., Таров Д.В., Кобзев Д.Е. Исследование свойств полиэтиленовых композитов на основе функционализированных углеродных нанотрубок // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2019. – Том 25, № 1. – С. 163–173. – DOI: [10.18721/JEST.25116](https://doi.org/10.18721/JEST.25116).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Абдрахманова Ляйля Абдулловна**, д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3905-5730>, e-mail: laa@kgasu.ru

**Галеев Руслан Разинович**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой, Набережно-Челнинский институт Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3377-0947>, e-mail: rooslan\_galeyev@mail.ru

**Хантимиров Аяз Габдрашитович**, аспирант кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.Казань, Россия, e-mail: khantimirov94@mail.ru

**Хозин Вадим Григорьевич**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-316X>, e-mail: kholzin.vadim@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 28.04.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 21.05.2021.

Статья принята к публикации: 26.05.2021.



## Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part III

L.A. Ivanov<sup>1\*</sup> , L.D. Xu<sup>2</sup> , E.S. Bokova<sup>3</sup> , A.V. Demenev<sup>4</sup> , V.A. Ivanov<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Russian Academy of Engineering, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Old Dominion University, Norfolk, Virginia, USA

<sup>3</sup> A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia

<sup>4</sup> Russian State University of Tourism and Service; Cherkizovo, Moscow region, Russia

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

**ABSTRACT:** **Introduction.** Advanced technologies impress people's imagination demonstrating the latest achievements (materials, methods, systems, technologies, devices etc.) that dramatically change the world. This, first of all, concerns nanotechnological inventions designed by scientists, engineers and specialists from different countries. **Main part.** The article provides an abstract review of patents. The results of creative activity of scientists, engineers and specialists, including inventions in the field of nanotechnology and nanomaterials, being implemented, allow achieving a significant effect in construction, housing and community services, and related sectors of the economy. For example, the invention «Composite material with oriented carbon nanotubes» refers to the area of composite materials which consist of polymer matrix and filler that is often presented by carbon nanotubes. The technical result is increased tensile strength of composite material due to formation of structure of oriented carbon nanotubes in polymer matrix. That is performed by means of flat-rate flow of direct current which destroys filler agglomerates. The specialists can also be interested in the following inventions in the area of nanotechnologies: a method to produce powder containing nanocrystalline cubic tungsten carbide; a method to produce porous graphene membranes and the membranes produced with this method; suppressor coating on the basis of polymer matrix with inclusion of carbon nanotubes and a method to produce it; a method to determine location of polyethylene gas pipeline and places of possible illegal tapping of those pipeline; a method to produce biphasic thermoelectric ceramics; electron-beam system of 3D radiant nanomodification for materials and articles; lab-on-fruit skin and lab-on-leaf towards recognition of trifluralin using Ag-citrate/GQDs nanocomposite stabilized on the flexible substrate; A new platform for the electroanalysis of herbicides using direct writing of nano-inks and pen-on paper technology; and others. **Conclusion.** One of the most challenging tasks the economy of every country face is to increase industrial competitiveness through technological upgrade. From the side of the state and companies the principal object to control in this process are the people and enterprises dealing with introduction of inventions and new technologies.

**KEYWORDS:** nanotechnologies in construction, carbon nanotubes, nanodimensional powders, nanoparticles, nanomodification of materials.

**FOR CITATION:** Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Demenev A.V., Ivanov V.A. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part III. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 158–165. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-158-165.

### INTRODUCTION

Advanced technologies impress people's imagination demonstrating the latest achievements (materials,

methods, systems, technologies, devices etc.) that dramatically change the world. This, first of all, concerns nanotechnological inventions designed by scientists, engineers and specialists from different countries.

## MAIN PART

### Composite material with oriented carbon nanotubes (RU 2746103 C1)

It is known that carbon nanotubes possess high strength characteristics and they can be used in production of polymer nanocomposites (PNCM). However, it is also known, large concentration of carbon nanotubes leads to their agglomeration, that decreases strength characteristics of polymer composite materials. To solve this problem different methods are used, for example, application of surface-active agents (SAA), ultrasound treatment et al. One of the ways to resolve this task is to orient carbon nanotubes in polymer matrix.

The invention [1] refers to the area of composite materials which consist of polymer matrix and filler that is often presented by carbon nanotubes (CNT). The composite material possesses increased tensile strength due to formation of structure of oriented carbon nanotubes in polymer matrix. That is performed under uniform constant electric field. The technical result is increased tensile strength of composite material due to formation of structure of oriented carbon nanotubes in polymer matrix. That is performed by means of uniform constant electric field which destroys filler agglomerates. The technical result is achieved because the composite material contains reinforcement which is impregnated with polymer binder which forms matrix and carbon nanotubes oriented in polymer matrix along reinforcement by uniform constant electric field, and the content of carbon nanotubes is chosen within the range 0,05–0,3 vol.%.

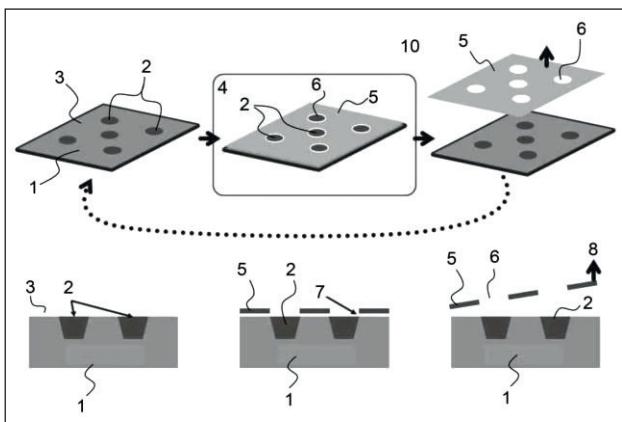
### Dry sliding wear behavior of Fe–Cr–C–B hardfacing alloy modified with nano-CeO<sub>2</sub> and its mechanisms of modification

Wear is one of the most common failure forms of mechanical equipment. Some researchers proposed that wear is a progressive loss of materials due to the mechanical action of two bodies while in contact. The mechanical parts suffering from wear damage lost the original size and increased the downtime of equipment and the cost. And the wear of heavy complicated machines may even lead to production safety accident. To overcome different kinds of wear problems means saving energy and reducing the discharge of CO<sub>2</sub> greenhouse gas. For example, the racks on the legs of offshore wind turbine installation platform suffered from serious wear damage during the lifting and descending process because of bearing huge loads. To repair the worn-out racks on the legs of offshore wind turbine installation platform is beneficial for saving steel materials and reducing the cost of exploiting and utilizing offshore wind power which is non-polluting and renewable [2].

In this work, hypereutectic Fe–Cr–C–B hardfacing alloy was prepared. Nano-scaled CeO<sub>2</sub> was added to improve the wear resistance of the hardfacing alloy. This work was dedicated to studying the dry sliding wear behavior of Fe–Cr–C–B hardfacing alloy modified with nano-CeO<sub>2</sub> and revealing the mechanisms of modification of nano-CeO<sub>2</sub>. WC-Co cemented carbides ball was chosen as the counter body material. Both of the hardfacing alloy and WC-Co cemented carbides were composed of carbide with high hardness and metal matrix with low hardness. The wear rates of the hardfacing specimens under different wear loads were measured. The wear tracks and wear debris were observed to study the wear mechanisms. The rare earth compounds in the hardfacing specimens were studied to reveal the mechanisms of modification of nano-CeO<sub>2</sub> in detail. In conclusion, the mechanisms of modification of nano-CeO<sub>2</sub> in the Fe–Cr–C–B hardfacing alloy were favorable to sliding wear resistance improvement.

### A method to produce porous graphene membranes and the membranes produced with this method (RU 2745631 C2)

The invention refers to nanotechnology and can be used in production of waterproof and airproof membranes for textile materials, barrier membrane for water, in cell phones and in portable electronic devices, filters and gas-separation membrane [3]. Fig. 1 illustrates direct formation of porous graphene. First, catalytically active substrate (1) is chosen from Cu, Ni, Pt, Ru, Ir, Rh or combination of them. Then catalytically inactive material chosen from molybdenum, wolfram, gold, silver, zirconium, niobium, chrome, or mixture/alloy of them, or oxide systems of them, or aluminum oxide is precipitated on it from vapour phase. After thermal annealing has been completed, active substrate (1) with many catalytically inactive domains (2) which sizes corresponds to sizes of pores (6) in obtained porous graphene layer (5) is produced. Then thermal annealing is performed in medium containing 50–90 vol.% H<sub>2</sub>, in gas-carrier with content Ar, He and Ne or N<sub>2</sub>, under temperature 900–1200°C and pressure 1–100000 Pa for 30–120 min. The porous graphene layer (5) with thickness less than 100 nm and pores (6), which average size is 5–900 nm and their density is from 0,1 to 100×1010 cm<sup>-2</sup> is obtained on the surface (3) of catalytically active substrate (1) by means of chemical precipitation from gas phase, using carbon source, for example, methane, ethane, ethylene, acetylene of mixture of them, volume ratio of them is 1–1000 parts to 1 part of hydrogen, under temperature 300–1200°C for 1–12 hours. Pores (6) in graphene layer (5) are formed in situ due to presence of catalytically inactive domains (2). Obtained porous graphene layer (5) is removed (8) from substrate (3) by means of Van der Waals flaking off, electrochemical demixing, ultrasound and/or thermal impact and is transferred to another substrate chosen



**Fig 1. Direct formation of porous graphene with pores (or holes)**

from woven, nonwoven or knitted structure, metal or ceramic network or foam, fixing it on one or two sides of the substrate, and the substrate (3) is reused for obtaining porous graphene layer (5). The invention makes it possible to facilitate method for obtaining porous graphene membranes, to improve their mechanical properties, to control pore size as well as to set large-scale production of such membranes.

**A method to produce powder containing nanocrystalline cubic tungsten carbide (RU 2747329 C1)**

The invention refers to material science and nanotechnologies, in particular, to the method to obtain nanopowder containing nanocrystalline cubic tungsten carbide [4]. The method comprises preliminary vacuum pumping of the chamber and filling it with argon under normal atmosphere pressure and room temperature. Tungsten and carbon-containing electric discharge plasma is generated by means of coaxial magnetoplasma accelerator with graphite core and with composite central electrode of nipple made of graphite and steel tang, with electrically fusible strap of pressed mixture of metal tungsten and technical carbon, placed between graphite core and nipple, when charge voltage of 6 mF capacitor is 3,0 kV. The method is performed in three stages. At the first stage electric discharged plasma is generated by means of electrically fusible strap made of pressed mixture of metal tungsten and technical carbon, which ratio W:C is 0,70:0,30. Obtained powder-like material is collected, pressed and used at the second stage as electrically fusible strap. Having placed it between graphite core and nipple, the chamber air is pumped out and the chamber is filled with argon under standard atmosphere pressure and room temperature and electric discharged plasma is generated under charge voltage 2.5 kV of capacitor. Obtained at the previous stage powder material is collected, pressed and used at the third stage as electrically fusible bonding

strip, then having placed it between graphite core and nipple, the chamber air is pumped out and the chamber is filled with argon under standard atmosphere pressure and room temperature and electric discharged plasma is generated under charge voltage 2.0 kV of capacitor. The proposed method allows producing the powder, containing nanocrystalline cubic tungsten carbide with particle size up to 10 nm.

**A method to produce tungstenless hardalloyed powders from the waste of KNT-16 (KHT-16) alloy in ethyl alcohol (RU 2747197 C1)**

The invention refers to powder metallurgy, in particular, to the method to obtain powder of tungstenless hard alloy and can be used to produce sintered articles, to apply wear-resistance coatings for restoration and reinforcement of engineering details [5]. The method to produce tungstenless hardalloyed micro- and nanosized globular powders from the wastes of tungstenless hard alloy comprises electroerosive dispergation of hard alloy wastes. The wastes of tungstenless KNT-16 hard alloy are exposed to electroerosive dispergation in ethyl alcohol under pulse repetition rate 95–105 Hz, electrode voltage 195–205 V and capacitor capacity 25,5 µF. Then obtained solution which contains micro-, nano- and macrometric powder is centrifuged to separate macrometric powder from it, after that the solution with micro- and nanopowder is evaporated and obtained micro- and nanopowder is dried. Production of powder material is performed from tungstenless hard alloy by means of electroerosive dispergation, there is no need to sinter the components for further grinding and obtaining final product, that significantly decreases energy consumption and cost of the process. The invention can be used for manufacturing sintered articles, application of wear-resistant coatings for restoration and reinforcement of the parts of engineering equipment in ore mining and smelting industry, automobiles and ships.

**Lab-on-fruit skin and lab-on-leaf towards recognition of trifluralin using Ag-citrate/GQDs nanocomposite stabilized on the flexible substrate: A new platform for the electroanalysis of herbicides using direct writing of nano-inks and pen-on paper technology**

Pesticides are broadly used as a significant tool in agriculture to control pathogens, weeds, and insects. These chemicals are used to prevent, repel, or eliminate the occurrence or effects of organisms that have the potential to harm agricultural crops. Herbicides are one type of pesticides used for prevention or elimination of weeds. Trifluralin, a pre-emergence and selective herbicide, has been used since 1960s in the cultivation of diverse plants including fruits, vegetables, nuts, and grain crops. This herbicide causes cell death by interfering with the

polymerization of microtubules. Overuse of it leads to environmental pollution and affect human health. Trifluralin leads to physiological changes including changes in the liver and serum parameters, decreased fetal size and weight and increased miscarriage, kidney damage, allergies, etc. Also, trifluralin affects endocrine function and is listed as an endocrine disrupter in the European Union list. In addition to mammalian toxicity, there are concerns about the impact of trifluralin on the environment [6].

In this work, an innovative conductive ink based on Ag-citrate/ GQDs was synthesized and used to produce a three-electrode sensor on the leaf and apple skin. The properties of the synthesized ink were evaluated using FE-SEM, TEM, EDS, XRD, ICP and Raman spectroscopy techniques. According to the results of the ink study, FE-SEM images confirm the presence of graphene quantum dots in the ink sample. The ICP results also confirm the presence of silver in the synthesized ink. TEM images show the presence of graphene quantum dots and the correct arrangement of the polymer plates. After identifying the ink structure, its conductivity and resistance were also investigated. The electrodes were made using ink and direct writing method. Then, trifluralin was evaluated by CV, DPV, and SWV electrochemical techniques. Based on the results, it can be concluded that the proposed three-electrode system has the potential to be used on-site analysis of other herbicides.

#### A method to determine location of polyethylene gas pipeline and places of possible illegal tapping of those pipeline (RU 2745048 C1)

The invention refers to construction, gas pipeline transport in gas industry and can be used to determine position of polyethylene gas pipelines and places of possible illegal tapping of pipeline [7]. The essence of the invention is that natural gas is marked with ferrous particles pumped into distribution polyethylene pipeline prior to sector of possible illegal tapping (Fig. 2). Then subsurface

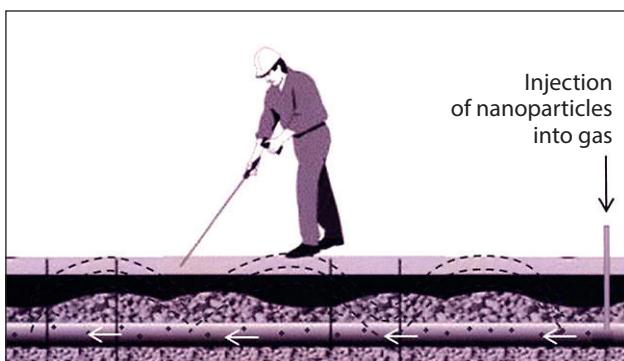


Fig. 2. An example of how method to determine location of polyethylene gas pipeline and places of possible illegal tapping of those pipeline can be performed

exploration of streamline of gas flow with suspended particles is performed. Ferrous nanoparticles are pumped into distribution pipeline by portions of different volumes with specified period of supply. This technical solution expands functionalities and makes it possible to use this method for polymer unreinforced tubes or tubes reinforced with synthetic fibers, enhances engineering applicability and decreases cost of its production.

#### Suppressor coating on the basis of polymer matrix with inclusion of carbon nanotubes and a method to produce it (RU 2745976 C1)

The invention refers to composite materials which can be applied on the surface of different parts to create suppressor coatings [8]. A suppressor coating formed on the surface of detail is characterized by the presence of carbon nanotubes, at this, it comprises, at least, the first layer of composite material which is polymer matrix with inclusion of multi-wall oriented carbon nanotubes with diameter from 8 nm to 250 nm. The thickness of the layer is from 0.1 to 1mm, its density of oriented carbon nanotubes is from 0.5 to 1 g/cm<sup>3</sup>, the quantity of oriented carbon nanotubes is from 5 to 20 mass.% of composite material mass. A method to produce the mentioned coating has been applied too. The invention provides obtaining high-quality suppressor coating on the details with complex shape and enhanced method to apply this coating as it does not require to use high-temperature processing of the detail.

#### A method to produce biphasic thermoelectric ceramics (RU 2745910 C1)

The invention refers to nanotechnologies, in particular, to the methods of obtaining new biphasic ceramic materials used in thermal power generation [9]. A method to produce biphasic thermoelectric ceramics comprises preparation of powder system of initial strontium carbonate SrCO<sub>3</sub> and titanium dioxide TiO<sub>2</sub> powders by joint high-energy grinding them in ethanol, annealing and drying, after that obtained material is sintered under mechanical load. Powder system is formed from submicron strontium carbonate SrCO<sub>3</sub> powder and nanosized titanium dioxide TiO<sub>2</sub> powder taken in quantity that provides ratio of formed after sintering phases of strontium titanate SrTiO<sub>3</sub> and titanium dioxide TiO<sub>2</sub> in rutile shape by volume 1:1. Drying is performed under the temperature 60–80°C for 24–48 hours with further granulation of powder system through grading screen with efficient size of combs 75 µm and with further air annealing under 600–800°C for 2–4 hours. Obtained material is exposed to reaction spark plasma sintering under outer pressure 21,5 MPa with heating rate 55°C/min up to 1200–1250°C is kept under this temperature for 5 min. It is not neces-

sary to perform annealing after sintering. The technical result is production of biphasic thermoelectric ceramics  $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$  with evenly distributed phases in the volume, rich in boundaries between two phases, in which it is possible to form two-dimensional electronic gas.

#### Avidin-biotin technology to synthesize multi-arm nano-construct for drug delivery

Targeted drug delivery to joint tissues like cartilage remains a challenge that has prevented clinical translation of promising osteoarthritis (OA) drugs. Local intra-articular (IA) injection of drugs suffers from rapid clearance from the joint space and slow diffusive transport through the dense, avascular cartilage matrix comprising of negatively charged aggrecan-glycosaminoglycans (GAGs). The high negative fixed charge density (FCD) of cartilage provides a unique opportunity to use electrostatic interactions for enhancing transport, uptake, and retention of cationic drug carriers [10].

This paper presents a protocol for synthesizing cartilage penetrating cationic multi-arm Avidin (mAv) nano-construct that provides multiple sites for covalent loading of Dex using hydrolysable ester linkers. A method was developed for designing more stable ester linkers by increasing carbon spacer length between the ester and adjacent amide bond by replacing SA with GA or PA. The controlled release mAv-Dex formulation containing ester derivatives from SA, GA and PA in 2:1:1 molar ratio showed a release half-life of  $38.5 \pm 1.5$  h providing sustained drug release over at least 10 days. This cationic multi-arm Avidin (mAv) nano-construct can enable intra-cartilage delivery of a broad array of small molecule OA drugs and their combinations to chondrocytes. Drug release rates can be modulated by using a combination of ester linkers with different rates of hydrolysis based on the type of drug, its target sites and state of disease. Avidin-biotin technology provides the flexibility for biotinyllating other similar sized drugs as Dex that can then be conjugated with Avidin by simple mixing at room temperature, which can be conducted at the clinic prior to use.

#### Electron-beam system of 3D radiant nanomodification for materials and articles in reverse-micellar solutions (RU 2746263 C1)

The invention refers to the means of production in the area of nanocomposite materials, catalysts, adsorbents, nanofunctionalization of coatings as well as in the area of radio electronics, electrical engineering, medicine, agriculture, agri- and biotechnologies [11]. Electron-beam system of 3D radiant nanomodification for materials and articles in reverse-micellar solutions contains two-level production-technological unit with biological radiation-

proof protection and a system control panel, placed out of two-level production-technological unit, and connected to it by electric cables (Fig. 3). The top level of two-level production-technological unit comprises a container for preparation of reverse-micellar solution, a unit of reactor washing, a unit of reagent regeneration and a cylinder with inert gas, the bottom level of the unit comprises electron accelerator and a system of reactors. The technical result is the increased efficiency and safety of the processes concerned radiation-chemical modification of the objects.

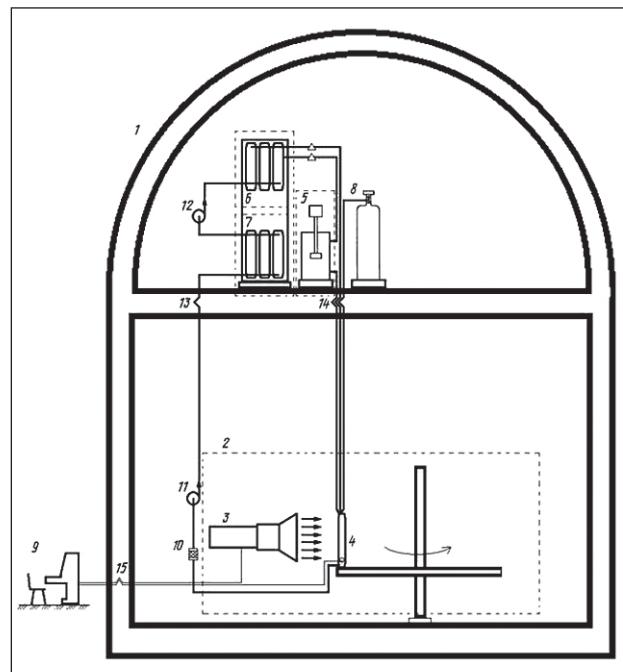


Fig. 3. The scheme of 3D radiant nanomodification for materials and articles in reverse-micellar solutions, where:

- 1 – two-level production-technological unit;
- 2 – unit of dynamic modification in situ;
- 3 – electron accelerator;
- 4 – system of reactors;
- 5 – container for preparation of reverse-micellar solution;
- 6 – unit of reactor washing;
- 7 – unit of reagent regeneration;
- 8 – cylinder with inert gas;
- 9 – system control panel;
- 10 – adsorber;
- 11 – pump for mixture pumping;
- 12 – backing pump;
- 13 – labyrinth of radiation protection of regeneration supply line;
- 14 – labyrinth of radiation protection of the lines supplying reagents and gases into reactor;
- 15 – labyrinth of radiation protection of electric cables of the system.

### Nano-fertilizers and their impact on vegetables: Contribution of Nano-chelate Super Plus ZFM and Lithovit®-standard to improve salt-tolerance of pepper

Global warming, desertification and soil salinization are currently occurring globally and affecting food production by reducing the land capacity of cultivated soil. Land salinization is happening mainly in irrigated soils, where >45 million ha are salt affected. If no mitigation measures are taken, it is estimated that 50% of agricultural lands will be similarly affected by 2050. The implementation of nanotechnology for the amelioration of plant tolerance against abiotic stress has been widely reported in last years. In this study, the separate and combined effects of Nano-chelate Super Plus ZFM (A) and Lithovit®-standard (B) on salt-stressed chili pepper were evaluated. Two different concentrations of each products were tested (A1, 2.5 g L<sup>-1</sup>, A2, 5 g L<sup>-1</sup>; B1, 3 g L<sup>-1</sup> and B2, 5 g L<sup>-1</sup>) on pepper irrigated by three NaCl solutions (1.5dS m<sup>-1</sup>, 3dS m<sup>-1</sup> and 6dS m<sup>-1</sup>). The control (no treatment) experiments were only irrigated with the three NaCl solutions. Spraying Nano-chelate Super Plus ZFM in low concentration (A1) enhanced significantly iron, zinc and manganese content in shoots and fruits. The application of Lithovit®- standard at high concentration ameliorated calcium and magnesium content in plant parts. A1B2 caused the highest enhancement in leaf number, fresh and dry weights of plant parts. It also improved fruit number significantly, fruit fresh and dry weight, yield plant<sup>-1</sup> and fruit dimension compared to control under all NaCl solutions. All treatments improved carotenoids content and reduced cellular electrolyte leakage and sodium content, as compared to control. Low concentration of Nano-chelate Super Plus ZFM improved chlorophyll a (Chl a), b (Chl b) and total chlorophyll (TChl) more than the high concentration (A2). Photosynthetic pigments were maximized by A1B2. Treating plants with A1B2 and A1B1 improved the most nitrogen and potassium content respectively in shoots and fruits compared to control at all EC levels. Combining both products would be an efficient method inducing salt-tolerance of pepper [12].

### A method to produce an alloying composition for preparing composite materials on the basis of aluminum or aluminum alloys (options) (RU 2746701 C1)

Composite materials on the basis of aluminum are known to be attractive due to their characteristics: specific strength, resistance to friction and high temperatures. The properties of aluminum composite materials depend on size of the filler dispersed in it. Finer filler, for example, carbon nanotubes provide better material properties, but it is very difficult to disperse evenly such filler as its size is extremely small.

The invention [13] refers to metallurgy and can be used to produce strengthened aluminum materials by moulding technologies. Alloying composition is obtained by placing carbon nanotubes into gas-tight aluminum envelope, then by providing vacuum in gas-tight aluminum envelope and heating it adsorbed gases are partially removed from the surface of carbon nanotubes and provide mass ratio between nanotubes and adsorbed gases to be not less than 100. Then gas-tight aluminum envelope with carbon nanotubes in it is deformed until incorporation of carbon nanotubes into envelope material or mixture of carbon nanotubes and metal powder is placed into gas-tight aluminum envelope, after that vacuum is provided gas-tight aluminum envelope. Gas-tight aluminum envelope with mixture is heated and deformed in such a way to obtain alloying composition in the form of half-finished product in which one part of nanotubes has no contact with outer surface of the product and the pores linked with outer surface of the product.

*The specialists can also be interested in the following inventions related to nanotechnologies:*

- Ferroelectric nanocomposite on the basis of porous glass and monopotassium phosphate materials [14].
- Ceramic material and a method to produce it [15].
- A method to disperse flash-resistant nanoparticles [16].
- A self-hardening composition based on polydimethylsiloxane [17].
- Metal pigments with anticorrosion coatings on the basis of aluminum and/or alloys of it [18].
- Nanosize logical inverter for digital devices [19].
- A method to modify carbon nanotubes for hydrophilic or hydrophobic surfaces [20].
- A method to produce composite metal-dispersed coating, a dispersed system for precipitation of composite metal-dispersed coating and a method to obtain it [21].
- A method of adsorption refining for wastewater with content of aromatic compounds of benzene series [22].
- A method to obtain multiferroic on the basis of ferromagnetic glass matrix [23].

### CONCLUSION

One of the most challenging tasks the economy of every country face is to increase industrial competitiveness through technological upgrade. From the side of the state and companies the principal object to control in this process are the people and enterprises dealing with introduction of inventions and new technologies.

Therefore, we hope that the information published in this section will be in demand and useful for specialists.

## REFERENCES

1. Krasnovsky A.N., Kischuk P.S. Composite material with oriented carbon nanotubes. RF Patent 2746103 C1. 2021-04-07.
2. Gou J., Wang Y., Zhang Y., Wang C., Wan, G. Dry sliding wear behavior of Fe–Cr–C–B hardfacing alloy modified with nano-CeO<sub>2</sub> and its mechanisms of modification. *Wear*. 2021; 203756.
3. Khait M., Park H.G., Choi K. A method to produce porous graphene membranes and the membranes produced with this method. RF Patent 2745631. 2021-03-29.
4. Sivkov A.A., Nasyrbaev A.R., Nikitin D.S., Shanenkov I.I. A method to produce powder containing nanocrystalline cubic tungsten carbide. RF Patent 2747329. 2021-05-04.
5. Ageeva E.V., Ageev E.V., Sabelnikov B.N. A method to produce tungstenless hardalloyed powders from the waste of KNT-16 (KHT-16) alloy in ethyl alcohol. RF Patent 2747197. 2021-04-29.
6. Saadati, A., Hassانpour, S., & Hasanzadeh, M. (2020). Lab-on-fruit skin and lab-on-leaf towards recognition of trifluralin using Ag-citrate/GQDs nanocomposite stabilized on the flexible substrate: A new platform for the electroanalysis of herbicides using direct writing of nano-inks and pen-on paper technology. *Heliyon*. 6(12): e05779.
7. Belyaeva N.V. A method to determine location of polyethylene gas pipeline and places of possible illegal tapping of those pipeline. RF Patent 2745048. 2021-03-18.
8. Shemukhin A.A., Tatarintsev A.A., Vorobieva E.A., Chechenin N.G. Suppressor coating on the basis of polymer matrix with inclusion carbon nanotubes and a method to produce it. RF Patent 2745976. 2021-04-05.
9. Kosianov D.Yu., Zavialov A.P. A method to produce biphasic thermoelectric ceramics. RF Patent 2745910. 2021-04-02.
10. Zhang C., He T., Vedadghavami A., Bajpayee A. G. Avidin-biotin technology to synthesize multi-arm nano-construct for drug delivery. *MethodsX*. 2020; 7: 100882.
11. Suvorova O.V., Bystrov P.A., Pavlov Yu.S., Revina A.A. Electron-beam system of 3D radiant nanomodification for materials and articles in reverse-micellar solutions. RF Patent 2746263. 2021-04-12.
12. Sajyan T.K., Alturki S.M., Sassine Y.N. Nano-fertilizers and their impact on vegetables: Contribution of Nano-chelate Super Plus ZFM and Lithovit®-standard to improve salt-tolerance of pepper. *Annals of Agricultural Sciences*. 2020; 65(2): 200–208.
13. Predtechensky M.R., Khasin A.A., Alekseev A.V. A method to produce an alloying composition for preparing composite materials on the basis of aluminum or aluminum alloys (options). RF Patent 2746701. 2021-04-19.
14. Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Ishkov A.D., Muminova S.R. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1): 23–31. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31).
15. Podzorova L.I., Ilycheva A.A., Kutuzova V.E. et al. Ceramic material and a method to produce it. RF Patent 2744546. 2021-03-11.
16. Kuleshov P.S. A method to disperse flash-resistant nanoparticles. RF Patent 2744462. 2021-03-09.
17. Ivanov LA., Kapustin I.A., Borisova O.N., Pisarenko Zh.V. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(2): 71–76. Available from: [doi 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76).
18. Garshev A.V., Putlyayev V.I., Evdokimov P.V. et al. Metal pigments with anticorrosion coatings on the basis of aluminum and/or alloys of it. RF Patent 2746989. 2021-04-23.
19. Gurovich B.A., Prikhodko K.E., Kuleshova E.A., Kutuzov L.V. Nanosize logical inverter for digital devices. RF Patent 2744161. 2021-03-03.
20. Ivanov L.A., Bokova E.S., Muminova S.R., Katuhin L.F. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(1): 27–33. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33).
21. Esaulov S.K., Esaulova Ts.V. A method to produce composite metal-dispersed coating, a dispersed system for precipitation of composite metal-dispersed coating and a method to obtain it. RF Patent 2746863. 2021-04-21.
22. Koshelev A.V., Atamanova O.V., Tikhomirova E.I. et al. A method of adsorption refining for wastewater with content of aromatic compounds of benzene series. RF Patent 2747540. 2021-05-06.
23. Tumarkin A.V., Sinelschikova O.Yu., Tyurnina N.G. et al. A method to obtain multiferroic on the basis of ferromagnetic glass matrix. RF Patent 2747496. 2021-05-05.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Leonid A. Ivanov**, Cand. Sci. (Eng.), Vice President of the Russian Academy of Engineering, Member of the International Journalist Federation; Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-8712>, e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

**Li D. Xu**, Ph.D., Prof., Old Dominion University, of Information Technologies & Decision Sciences Department; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Norfolk, Virginia, USA, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3263-5217>, e-mail: LXu@odu.edu

**Elena S. Bokova**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Department of Chemistry and Technology of Polymers and Nanocomposites, A.N.Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7769-9639>, esbokova@ya.ru

**Aleksey V. Demenev**, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Higher School of Service, Russian State University of Tourism and Service; Cherkizovo, Moscow region, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-6665>, e-mail: saprmgus@mail.ru

**Vyacheslav A. Ivanov**, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Higher School of Service, Russian State University of Tourism and Service; Cherkizovo, Moscow region, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2607-103X>, e-mail: master777k@mail.ru

All authors declare the absence of any competing interests.

Received: 11.05.2021.

Revised: 03.06.2021.

Accepted: 07.06.2021.



## Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть III

Л.А. Иванов<sup>1\*</sup> , Л.Д. Сюй<sup>2</sup> , Е.С. Бокова<sup>3</sup> , А.В. Деменев<sup>4</sup> , В.А. Иванов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Российская инженерная академия, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Университет Олд Доминион, г. Норфолк, Вирджиния, США

<sup>3</sup> Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (РГУ им. А.Н. Косыгина), г. Москва, Россия,

<sup>4</sup> Российский государственный университет туризма и сервиса; пос. Черкизово, Московская область, Россия

\*Контакты: e-mail: L.a.ivanov@mail.ru

**РЕЗЮМЕ: Введение.** Высокие технологии поражают воображение людей, демонстрируя все новые и новые достижения (материалы, способы, системы, технологии, устройства и др.), кардинально меняющие окружающий мир. Это, прежде всего, можно отнести к изобретениям ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. **Основная часть.** В статье проводится в реферативной форме обзор изобретений. Результаты творческой деятельности ученых, инженеров и специалистов, в т.ч. и изобретения в области нанотехнологий и наноматериалов позволяют при их внедрении добиться значительного эффекта в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, смежных отраслях экономики. Например, изобретение «Композиционный материал с ориентированными углеродными нанотрубками» относится к области композиционных материалов, состоящих из полимерной матрицы и наполнителя, в роли которого выступают углеродные нанотрубки. Технический результат заключается в повышении прочности композиционного материала на разрыв за счет формирования в полимерной матрице структуры ориентированных углеродных нанотрубок с помощью однородного постоянного электрического поля, разрушающего агломераты наполнителя. Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий: способ получения порошка, содержащего нанокристаллический кубический карбид вольфрама; способ изготовления пористых графеновых мембран; антидинатронное покрытие на основе полимерной матрицы с включением углеродных нанотрубок и способ его получения; способ определения положения полиэтиленового газопровода и мест возможных несанкционированных врезок; способ получения бифазной термоэлектрической керамики; электронно-лучевая система объемного (3d) радиационного наномодифицирования материалов и изделий; микроскопический метод анализа кожуры фрукта и листа для распознавания трифуралина с помощью нанокомпозита Ag-циттарата/GQDs, стабилизированного на гибкой подложке: новая платформа для электроанализа гербецидов с применением технологии прямого экспонирования наночернил и др. **Заключение.** Одна из актуальных задач экономики любой страны – повышение конкурентоспособности промышленности за счет ее технологического переоснащения. И в этом направлении главным объектом внимания со стороны государства и компаний становятся люди или предприятия, чья основная работа связана с изобретением и внедрением новых технологий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** нанотехнологии в строительстве, углеродные нанотрубки, наноразмерные порошки, наночастицы, наномодифицирование материалов.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Деменев А.В., Иванов В.А. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть III // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 158–165. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-158-165.

### ВВЕДЕНИЕ

Высокие технологии поражают воображение людей, демонстрируя все новые и новые достижения (материалы, способы, системы, технологии,

устройства и др.), кардинально меняющие окружающий мир. Это, прежде всего, можно отнести к изобретениям ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Композиционный материал с ориентированными углеродными нанотрубками (RU 2746103 С1)

Известно, что углеродные нанотрубки обладают высокими прочностными характеристиками и могут использоваться для создания полимерных нанокомпозитов (ПНКМ). Однако также известно, что углеродные нанотрубки в больших концентрациях склонны к агломерации, что приводит к снижению прочностных характеристик полимерных композиционных материалов. Для решения этой проблемы используют поверхностно-активные вещества (ПАВ), обработку ультразвуком и др. Одним из способов решения данной проблемы является ориентирование углеродных нанотрубок в полимерной матрице.

Изобретение [1] относится к области композиционных материалов, состоящих из полимерной матрицы и наполнителя, в роли которого выступают углеродные нанотрубки (УНТ). Технический результат заключается в повышении прочности на разрыв за счет сформированной в полимерной матрице структуры ориентированных углеродных нанотрубок под действием однородного постоянного электрического поля, разрушающего агломераты наполнителя. Технический результат достигается тем, что композиционный материал содержит арматуру, пропитанную полимерным связующим, образующим матрицу, углеродные нанотрубки в пределах от 0,05 до 0,3 об.%, ориентированные в полимерной матрице вдоль арматуры однородным постоянным электрическим полем.

### Характеристики износа сухого скольжения сплава для покрытия Fe–Cr–C–B, модифицированный nanoCeO<sub>2</sub> и его механизмы модификации

Износ – одна из наиболее распространенных форм разрушений механического оборудования. Некоторые исследователи предлагают считать, что износ – это прогрессивная потеря материала из-за механического взаимодействия двух тел, находящихся в контакте. Механические детали, подвергающиеся износу, утрачивают первоначальный размер и увеличивают время простоя оборудования и стоимость. Износ тяжелых сложных механизмов может даже привести к производственному несчастному случаю. Для преодоления различных проблем, связанных с износом, требуется экономия энергии и сокращение выбросов парникового газа CO<sub>2</sub>. Например, опоры платформы наземной ветровой турбины подвергаются серьезному износу во время подъемных и спусковых процессов из-за огромных несущих нагрузок. Ремонт указанных опор предпочтителен из-за эконо-

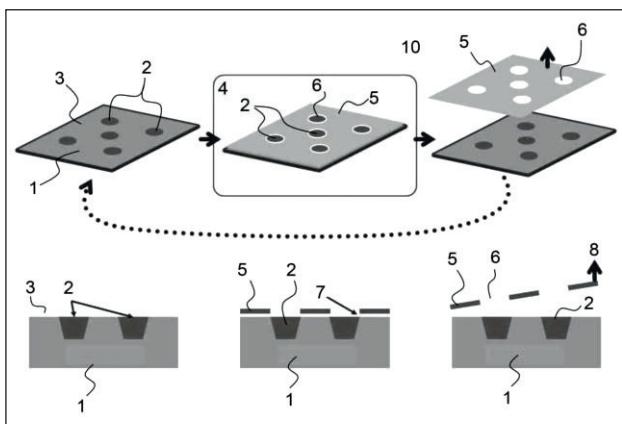
мии стальных материалов и сокращения стоимости эксплуатации наземной ветровой турбины, которая работает по возобновляемой и незагрязняющей технологии [2].

В данной работе был приготовлен заэвтектический сплав для покрытия Fe–Cr–C–B. Наноразмерный CeO<sub>2</sub> был добавлен для улучшения износостойчивости подобных сплавов. Представленное исследование изучает характеристики износа сухого скольжения сплава для покрытия Fe–Cr–C–B, модифицированного nanoCeO<sub>2</sub>, и открывает механизмы модификации nanoCeO<sub>2</sub>. В качестве счетного материала были выбраны сцементированные карбидные шарики WC–Co. И сплав для покрытия, и сцементированные карбидные шарики были созданы из карбида высокой жесткости и металлической матрицы низкой жесткости. Была измерена скорость износа образцов сплава под различными нагрузками. Следы износа и продукты износа были изучены для установления механизмов износа. Редкие соединения в образцах сплавов изучались с целью детального установления механизмов модификации nanoCeO<sub>2</sub>. В заключение необходимо отметить, что механизмы модификации nanoCeO<sub>2</sub> в сплаве для покрытий Fe–Cr–C–B являются предпочтительными для износостойчивости при трении скольжения.

### Способ изготовления пористых графеновых мембран и мембранные, изготовленные с использованием этого способа (RU 2745631 С2)

Изобретение относится к нанотехнологии и может быть использовано при изготовлении водонепроницаемых и высоковоздухопроницаемых мембран для текстильных материалов, барьерных мембран для воды, в мобильных телефонах и портативных электронных устройствах, фильтрах и газоразделятельных мембранах [3]. Схема прямого образования пористого графена с порами (или отверстиями) представлена на рис. 1. Сначала выбирают каталитически активный субстрат (1) из Cu, Ni, Pt, Ru, Ir, Rh или их комбинации. Затем на него из паровой фазы осаждают каталитически неактивный материал, выбранный из молибдена, вольфрама, золота, серебра, циркония, ниobia, хрома или их смеси/сплава, или их оксидных систем, или оксида алюминия. После термического отжига получают каталитически активный субстрат (1) с множеством каталитически неактивных доменов (2), размер которых по существу соответствует размеру пор (6) в получаемом пористом графеновом слое (5), после чего проводят отжиг в среде, содержащей 50–90 об.% H<sub>2</sub> в газе-носителе, включающем Ar, He и Ne или N<sub>2</sub>, при температуре 900–1200°С и давлении 1–100000 Па в течение 30–120 мин. Пористый графеновый слой (5) толщиной менее 100 нм

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ



**Рис 1. Схема прямого образования пористого графена с порами (или отверстиями)**

с порами (6), имеющими средний размер 5–900 нм, при их плотности от 0,1 до  $100 \times 10^{10}$  см<sup>-2</sup> получают на поверхности (3) каталитически активного субстрата (1) химическим осаждением из газовой фазы, используя источник углерода, например метан, этан, этилен, ацетилен и их смеси, при их объемном соотношении 1–1000 частей на одну часть водорода, при температуре 300–1200°C в течение 1–12 ч. Поры (6) в графеновом слое (5) образуются *in situ* благодаря присутствию каталитически неактивных доменов (2). Полученный пористый графеновый слой (5) удаляют (8) из субстрата (3) ван-дер-ваальсовым отслаиванием, электрохимическим расслоением, ультразвуковым и/или термическим воздействием и переносят на другой субстрат, выбранный из тканой, нетканой или вязаной структуры, металлической или керамической сети или пены, прикрепляя к одной или обеим сторонам указанного субстрата, а субстрат (3) повторно используют для изготовления пористого графенового слоя (5). Изобретение позволяет упростить способ получения пористых графеновых мембран, улучшить их механические свойства, контролировать размер пор, а также обеспечить крупномасштабное производство таких мембран.

**Способ получения порошка, содержащего нанокристаллический кубический карбид вольфрама (RU 2747329 C)**

Изобретение относится к области материаловедения и нанотехнологий, а именно к способу получения порошка, содержащего нанокристаллический кубический карбид вольфрама [4]. Способ включает предварительное вакуумирование камеры, наполнение ее аргоном при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре. Вольфрам- и углеродсодержащую электроразрядную плазму генерируют с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя

с графитовым стволом и с составным центральным электродом из наконечника, выполненного из графита, и хвостовика из стали, с электрически плавкой перемычкой из прессованной смеси металлического вольфрама и технического углерода, размещенной между графитовым стволом и наконечником, при зарядном напряжении 3,0 кВ конденсаторной батареи емкостью 6 мФ. Способ осуществляют в три этапа. На первом этапе генерируют электроразрядную плазму, используя электрически плавкой перемычку из прессованной смеси металлического вольфрама и технического углерода, взятых в соотношении W:C, равном 0,70:0,30. Полученный порошкообразный материал собирают, прессуют и используют на втором этапе в качестве электрически плавкой перемычки, помещая между графитовым стволом и наконечником, производят вакуумирование камеры, наполняют ее аргоном при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре и генерируют электроразрядную плазму при зарядном напряжении 2,5 кВ конденсаторной батареи. Полученный на предыдущем этапе порошкообразный материал собирают, прессуют и используют на третьем этапе в качестве электрически плавкой перемычки, помещая между графитовым стволом и наконечником, производят вакуумирование камеры, наполняют ее аргоном при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре и генерируют электроразрядную плазму при зарядном напряжении 2,0 кВ конденсаторной батареи. Предлагаемый способ позволяет получить порошок, содержащий нанокристаллический кубический карбид вольфрама с размером частиц до 10 нм.

**Способ получения безвольфрамовых твердосплавных порошков из отходов сплава марки КНТ-16 в спирте этиловом (RU 2747197 C1)**

Изобретение относится к области порошковой металлургии, в частности способу получения порошка безвольфрамового твердого сплава, и может быть использовано для изготовления спеченных изделий, нанесения износостойких покрытий для восстановления и упрочнения деталей машин [5]. Способ получения безвольфрамовых твердосплавных микро- и наноразмерных порошков сферической формы из отходов безвольфрамового твердого сплава включает электроэрозионное диспергирование отходов твердых сплавов. Электроэрозионному диспергированию в этиловом спирте подвергают отходы безвольфрамового твердого сплава марки КНТ-16 при частоте следования импульсов 95–105 Гц, напряжении на электродах 195–205 В и емкости конденсаторов 25,5 мкФ, затем проводят центрифугирование полученного раствора, содержащего микро-, нано- и крупноразмерный порошок, для отделения

## ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

от него крупноразмерного порошка, после чего раствор, содержащий микро- и наноразмерный порошок, подвергают выпариванию, а полученный микро- и наноразмерный порошок подвергают сушке. Получение порошкового материала происходит из готового безвольфрамового твердого сплава методом электроэрозионного диспергирования, отсутствует необходимость спекания компонентов для дальнейшего размалывания и получения конечного продукта, что значительно снижает энергозатратность и себестоимость процесса. Изобретение может быть использовано для изготовления спеченных изделий, нанесения износостойких покрытий – для восстановления и упрочнения деталей машин горно-металлургической промышленности, автомобильного и судового транспорта.

**Микроскопический метод анализа кожуры фрукта и листа для распознавания трифлуралина с помощью нанокомпозита Ag-цитрата/GQDs, стабилизированного на гибкой подложке: новая платформа для электроанализа гербицидов с применением технологии прямого экспонирования наночернил**

Пестициды широко применяются в сельском хозяйстве в качестве важного инструмента для контроля за болезнетворными организмами, сорняками и насекомыми. Эти химические вещества используются для предотвращения, отражения или устранения появления или последствий организмов, которые представляют потенциальную опасность сельскохозяйственным культурам. Гербициды – это вид пестицидов, применяемых для защиты от сорняков или для их устранения. Трифлуралин – превентивный и избирательный гербицид, применяется с 1960-х гг. при выращивании различных растений, включая фрукты, овощи, орехи и зерновые культуры. Гербициды убивают клетки, воздействуя на них полимеризацией микротрубок. Излишнее использование данного гербицида приводит к загрязнению окружающей среды и влияет на здоровье человека. Трифлуралин вызывает физиологические изменения, включая изменения в печени и характеристики плазмы, снижает вес и размер эмбриона и повышает вероятность выкидыша при беременности, повреждение почек, появление аллергии и т.д. Также трифлуралин влияет на эндокринную функцию и рассматривается Европейским союзом как разрушитель эндокринной системы. В дополнении к токсичности для млекопитающих вызывает опасение воздействие трифлуралина на окружающую среду [6].

В данной работе были синтезированы инновационные проводящие чернила на основе Ag-цитрата/GQDs для создания трехэлектродного датчика на листе и кожуре яблока. Свойства синтезированных чер-

нил были оценены с использованием таких спектроскопических методов как FE-SEM, TEM, EDS, XRD, ICP и рамановский. В результате исследований чернил было установлено, что изображения, полученные автоэлектронной сканирующей микроскопией, подтверждают наличие квантовых точек графена в образце чернил. Результаты спектрометрии с индуктивно связанный плазмой также подтвердили присутствие серебра в синтезированных чернилах. Результаты просвечивающей электронной микроскопии свидетельствуют о наличии квантовых точек графена и правильном порядке полимерных пластин. После выявления структуры чернил, анализу были подвергнуты их проводимость и сопротивление. Электроды были изготовлены с использованием чернил и метода прямого экспонирования. Затем трифлуралин был оценен с помощью электрохимических методов CV, DPV и SWV. Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что предлагаемая трехэлектродная система также перспективна для проведения анализа на других гербицидах.

**Способ определения положения полиэтиленового газопровода и мест возможных несанкционированных врезок (RU 2745048 C1)**

Изобретение относится к области строительства, трубопроводного транспорта в газовой промышленности и может быть использовано для определения местоположения полиэтиленовых газопроводов, а также мест возможных несанкционированных врезок [7]. Сущность изобретения состоит в том, что природный газ маркируют железосодержащими наночастицами, закачиваемыми в распределительный полиэтиленовый газопровод перед сектором возможных несанкционированных врезок (рис. 2). Затем проводят подповерхностное зондирование направления движения потоков газа с взвешенными наночастицами. Железосодержащие наночастицы



Рис. 2. Пример реализации способа определения положения полиэтиленового газопровода и мест возможных несанкционированных врезок

закачивают в распределительный газопровод порциями различного объема с установленным периодом следования. Такое техническое решение расширяет функциональные возможности применения способа для полимерных неармированных или армированных синтетическими нитями труб, упрощает техническую реализацию и снижает стоимость его исполнения.

**Антидинатронное покрытие на основе полимерной матрицы с включением углеродных нанотрубок и способ его получения (RU 2745976 C1)**

Изобретение относится к композитным материалам, которые могут быть использованы для нанесения на поверхность различных деталей для создания антидинатронных покрытий [8]. Антидинатронное покрытие, сформированное на поверхности детали, характеризуется наличием углеродных нанотрубок, при этом покрытие включает, по меньшей мере, первый слой из композитного материала, представляющего собой полимерную матрицу с включением многостенных ориентированных углеродных нанотрубок диаметром от 8 до 250 нм, выполненный толщиной от 0,1 до 1 мм, с плотностью массива ориентированных углеродных нанотрубок от 0,5 до 1 г/см<sup>3</sup>, с количеством нанотрубок от 5 до 20 масс.% от массы композитного материала. Также заявлен способ получения указанного покрытия. Изобретение обеспечивает получение качественного антидинатронного покрытия на деталях, имеющих сложную форму, при упрощении способа его нанесения без необходимости использования высокотемпературной обработки детали.

**Способ получения бифазной термоэлектрической керамики (RU 2745910 C1)**

Изобретение относится к нанотехнологиям, а именно к способам получения новых бифазных керамических материалов для нужд термоэлектро-генерации [9]. Способ получения бифазной термоэлектрической керамики включает приготовление порошковой системы из исходных порошков карбоната стронция SrCO<sub>3</sub> и диоксида титана TiO<sub>2</sub> путем их совместного высокоэнергетического помола в этаноле, отжига и сушки, после чего полученный материал спекают под механической нагрузкой. Порошковую систему формируют из субмикронного порошка карбоната стронция SrCO<sub>3</sub> и наноразмерного порошка диоксида титана TiO<sub>2</sub>, взятых в количестве, обеспечивающем соотношение формирующихся после спекания фаз титаната стронция SrTiO<sub>3</sub> и диоксида титана TiO<sub>2</sub> в форме рутила по объему 1:1. Сушку ведут при температуре 60–80°C в течение 24–48 часов с последующей грануляцией порошковой системы через сито

с эффективным размером ячеек 75 мкм и с последующим отжигом в атмосфере воздуха при 600–800°C в течение 2–4 часов. Полученный материал подвергают реакционному искровому плазменному спеканию при внешнем давлении 21,5 МПа со скоростью нагрева 55°C/мин до 1200–1250°C и выдерживают при этой температуре 5 мин. После спекания необязательно проводят отжиг. Технический результат – получение бифазной термоэлектрической керамики SrTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> с равномерным распределением фаз во всем объеме, насыщенной границами раздела двух фаз, где возможно формирование двумерного электронного газа.

**Технология авидин-биотин для синтеза разветвленнойnanoструктуры для доставки лекарственных средств**

Целевая доставка лекарственных средств для соединения таких тканей, как например, хрящи, остается нерешенной проблемой, которая препятствует клиническому переходу на перспективные медикаменты против остеоартрита (OA). Эффективность местных внутрисуставных (ВС) инъекций лекарств снижается за счет быстрого прохождения через межсуставное пространство и медленную диффузию сквозь плотную, хрящевую матрицу, включающую отрицательно заряженные агрекан-гликозаминогликаны (ГАГ). Высокая отрицательная плотность статического заряда (ПСЗ) хряща обеспечивает уникальную возможность использовать электростатические взаимодействия для улучшения доставки, поглощения и удерживания переносчиков катионных медикаментов [10].

В данной работе рассматривается протокол для синтезирования хрящевой проникающей катионной разветвленной nanoструктуры Авидина (рAv), которая обеспечивает множественные площадки для ковалентной загрузки Dex с помощью гидролизуемых связующих эфиров. Данный метод был разработан, чтобы создавать более устойчивые связующие эфиры за счет удлинения углеродного разделителя между эфиром и смежных амидных связей, заменяя SA на GA или PA. Управляемое освобождение состава pAv-Dex, содержащего сложноэфирные производные SA, GA и PA в молярном соотношении 2:1:1 продемонстрировало освобождение половины жизненного цикла 38,5±1,5 (h) с обеспечением стабильного высвобождения лекарства на протяжении 10 дней. Данная катионная разветвленная nanoструктура Авидина (рAv) способна обеспечить доставку широкого спектра медикаментов против OA и их сочетаний внутрь хрящевых клеток. Скорость высвобождения лекарственного средства можно регулировать за счет сочетания эфирных связующих с различными скоростями гидролиза на основе типа лекарства, его целевых тканей и состояния заболевания. Технология авидин-биотин обеспечивает гибкость биотинили-

## ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

рования других схожих по размеру лекарственных средств, таких как Dex, который может быть объединен с Авидином путем простого смешивания при комнатной температуре, что выполняется в клинических условиях перед началом использования.

**Электронно-лучевая система объемного (3d) радиационного наномодифицирования материалов и изделий в обратномицелярных растворах (RU 2746263 C1)**

Изобретение относится к средству производства нанокомпозитных материалов, катализаторов, адсорбентов, нанофункционализации покрытий, а также изделий для радиоэлектроники, электротехники, медицины, сельского хозяйства, агро- и биотехнологий

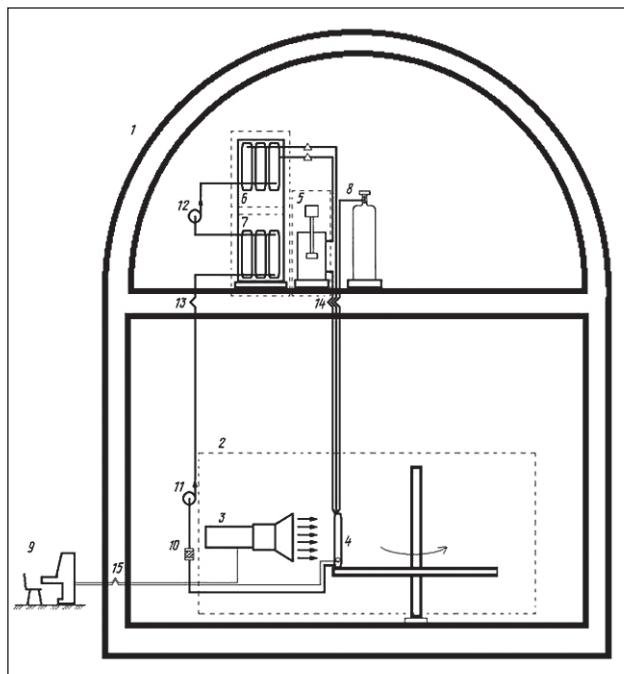


Рис. 3. Схема электронно-лучевой системы объемного (3D) радиационного наномодифицирования материалов и изделий в обратномицелярных растворах, где: 1 – двухуровневый производственно-технологический модуль; 2 – блок динамического модифицирования *in situ*; 3 – ускоритель электронов; 4 – система реакторов; 5 – емкость для подготовки обратномицелярного раствора; 6 – блок промывки реактора; 7 – блок регенерации реагентов; 8 – баллон с инертным газом; 9 – пульт управления системой; 10 – поглотитель; 11 – насос для перекачки смеси; 12 – подкачивающий насос; 13 – лабиринт радиационной защиты магистрали регенерации; 14 – лабиринт радиационной защиты магистралей подачи реагентов и газа в реактор; 15 – лабиринт радиационной защиты электрических кабелей системы

[11]. Электронно-лучевая система объемного (3D) радиационного наномодифицирования материалов и изделий в обратномицелярных растворах содержит двухуровневый производственно-технологический модуль с биологической противорадиационной защитой и пульт управления системой, вынесенный за пределы двухуровневого производственно-технологического модуля, связанный с ним электрическими кабелями (рис. 3). На верхнем уровне двухуровневого производственно-технологического модуля расположены емкость для подготовки обратномицелярного раствора, блок промывки реактора, блок регенерации реагентов и баллон с инертным газом, на нижнем уровне двухуровневого производственно-технологического модуля расположены ускоритель электронов и система реакторов. Техническим результатом является повышение эффективности и безопасности процессов радиационно-химического модифицирования объектов.

**Наноудобрения и их влияние на овощи: вклад Nano-chelate Super Plus ZFM и Lithovit®-standard в процесс повышения устойчивости к соли перца**

Процессы глобального потепления, дезертификации и засоления почв сегодня происходят повсеместно и негативно влияют на производство пищи, снижая плодородность почвы. Засоление встречается главным образом в ирригированных почвах, в которых более 45 миллионов гектаров подвержены засолению. Если не применять никаких ответных мер, то можно ожидать, что 50% сельскохозяйственных угодий пострадают подобным образом к 2050 году. За последние годы все более широко внедряются нанотехнологии для улучшения устойчивости растений к абиотическому стрессу. В данной работе оценивались отдельные и комбинированные эффекты продуктов Nano-chelate Super Plus ZFM (A) и Lithovit®-standard (B) на перец чили на почвах, подвергшихся засолению. Были протестированы 2 различных концентрации каждого из продуктов (A1, 2.5 г/л –1 , A2, 5 г/л –1 , B1, 3 г/л –1 и B2, 5 г/л –1 ) на перце, орошенном тремя растворами NaCl (1.5 сухого вещества на m–1 , 3dS m–1 и 6dS m–1 ). В рамках проверочного эксперимента перец орошали растворами NaCl. Распыление Nano-chelate Super Plus ZFM в малых концентрациях (A1) значительно улучшило содержание железа, цинка и марганца в побегах и фруктах. Применение высококонцентрированного препарата Lithovit®- standard, улучшило содержание кальция и магния в разных частях растения. A1B2 привел к существенному увеличению количества, а также массы в сыром и сухом виде различных частей растения. Он также значительно увеличил количество фруктов, их массы в сыром и сухом виде, урожайность–1 и размер фруктов по сравнению со всеми растворами NaCl. Все обработки улучшили

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

содержание каротеноидов и сократили утечку клеточных электролитов и содержание натрия. Низкие концентрации Nano-chelate Super Plus ZFM значительно улучшили хлорофилл а (Chl a), б (Chl b) и общий хлорофилл (TChl) по сравнению с высокой концентрацией (A2). Пигменты фотосинтеза были увеличены за счет A1B2. Обработка растений продуктами A1B2 и A1B1 улучшило содержание азота и калия соответственно в побегах и фруктах по сравнению с измерениями на всех уровнях ЕС. Сочетание обоих продуктов может стать эффективным методом по созданию перца, устойчивого к солям [12].

**Способ получения лигатуры для приготовления композиционных материалов на основе алюминия или алюминиевых сплавов (варианты) (RU 2746701 C1)**

Следует отметить, что композиционные материалы на основе алюминия привлекают своими качествами: специфической прочностью, стойкостью к трению и высоким температурам. Свойства алюминиевых композиционных материалов зависят от размера наполнителя, диспергированного в нем. Наполнитель меньших размеров, в частности, углеродные нанотрубки, обеспечивают достижение лучших свойств материала, однако равномерно диспергировать такой наполнитель чрезвычайно сложно из-за его слишком малых размеров.

Изобретение [13] относится к металлургии и может быть использовано для получения упрочненных алюминиевых материалов путем литейных технологий. Лигатуру получают путем помещения углеродных нанотрубок в полость герметичной алюминиевой оболочки, затем путем создания вакуума в полости герметичной алюминиевой оболочки и ее нагрева с поверхности углеродных нанотрубок удаляют часть адсорбированных газов с обеспечением массового соотношения нанотрубок и адсорбированных газов, составляющего не менее 100, деформируют герметичную алюминиевую оболочку с находящимися в ней углеродными нанотрубками до внедрения углеродных нанотрубок в материал оболочки или смесь углеродных нанотрубок и порошка металла помещают в полость герметичной алюминиевой оболочки, затем создают вакуум в полости герметичной алюминиевой оболочки и нагревают, подвергают деформации герметичную алюминиевую оболочку с находящейся

в ней смесью с образованием лигатуры в виде заготовки, в которой часть нанотрубок не имеет контакта с внешней поверхностью заготовки и с порами, сообщающимися с внешней поверхностью заготовки.

**Также представляют интерес для специалистов следующие изобретения в области нанотехнологий:**

- Сегнетоэлектрический нанокомпозитный материал на базе пористого стекла и материалов группы дигидрофосфата калия [14].
- Керамический материал и способ его получения [15].
- Способ диспергирования трудновоспламеняемых наночастиц [16].
- Самоотверждающаяся композиция на основе полидиметилсиликсана [17].
- Металлические пигменты с антикоррозийными покрытиями на основе алюминия и/или его сплавов [18].
- Наноразмерный логический инвертор для цифровых устройств [19].
- Способ модификации углеродных нанотрубок для получения гидрофильтров или гидрофобных поверхностей [20].
- Способ получения композиционного металл-дисперсного покрытия, дисперсная система для осаждения композиционного металл-дисперсного покрытия и способ ее получения [21].
- Способ адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ароматические соединения бензольного ряда [22].
- Способ получения мультиферроиков на основе ферромагнитной стекломатрицы [23].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Одна из актуальных задач экономики любой страны – повышение конкурентоспособности промышленности за счет ее технологического переоснащения. И в этом направлении главным объектом внимания со стороны государства и компаний становятся люди или предприятия, чья основная работа связана с изобретением и внедрением новых технологий. Поэтому надеемся, что публикуемая в данной рубрике информация будет востребованной и полезной для специалистов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Красновский А.Н., Кищук П.С. Композиционный материал с ориентированными углеродными нанотрубками // Патент 2746103 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 10.
2. Gou J., Wang Y., Zhang Y., Wang C., Wan, G. Dry sliding wear behavior of Fe–Cr–C–B hardfacing alloy modified with nano-CeO<sub>2</sub> and its mechanisms of modification. *Wear*. 2021; 203756.

ОБЗОР ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

3. Хайт М., Парк Х.Г., Чои К. Способ изготовления пористых графеновых мембран и мембранные, изготовленные с использованием этого способа // Патент 2745631 РФ МПК C2. 2021. Бюл. № 10.
4. Сивков А.А., Насырбаев А.Р., Никитин Д.С., Шаненков И.И. Способ получения порошка, содержащего нанокристаллический кубический карбид вольфрама // Патент 2747329 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 13.
5. Агеева Е.В., Агеев Е.В., Сабельников Б.Н. Способ получения безвольфрамовых твердосплавных порошков из отходов сплава марки кнт-16 в спирте этиловом // Патент 2747197 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 13.
6. Saadati, A., Hassanpour, S., & Hasanzadeh, M. (2020). Lab-on-fruit skin and lab-on-leaf towards recognition of trifluralin using Ag-citrate/GQDs nanocomposite stabilized on the flexible substrate: A new platform for the electroanalysis of herbicides using direct writing of nano-inks and pen-on paper technology. *Heliyon*. 6(12): e05779.
7. Беляева Н.В. Способ определения положения полиэтиленового газопровода и мест возможных несанкционированных врезок // Патент 2745048 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 8.
8. Шемухин А.А., Татаринцев А.А., Воробьева Е.А., Чеченин Н.Г. Антидинатронное покрытие на основе полимерной матрицы с включением углеродных нанотрубок и способ его получения // Патент 2745976 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 10.
9. Косьянов Д.Ю., Завьялов А.П. Способ получения бифазной термоэлектрической керамики // Патент 2745910 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 10.
10. Zhang C., He T., Vedadghavami A., Bajpayee A. G. Avidin-biotin technology to synthesize multi-arm nano-construct for drug delivery. *MethodsX*. 2020; 7: 100882.
11. Суворова О.В., Быстров П.А., Павлов Ю.С., Ревина А.А. Электронно-лучевая система объемного (3d) радиационного наномодифицирования материалов и изделий в обратномицелярных растворах // Патент 2746263 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 11.
12. Sajyan T.K., Alturki S.M., Sassine Y.N. Nano-fertilizers and their impact on vegetables: Contribution of Nano-chelate Super Plus ZFM and Lithovit®-standard to improve salt-tolerance of pepper. *Annals of Agricultural Sciences*. 2020; 65(2): 200–208.
13. Предтеченский М.Р., Хасин А.А., Алексеев А.В. Способ получения лигатуры для приготовления композиционных материалов на основе алюминия или алюминиевых сплавов (варианты) // Патент 2746701 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 11.
14. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Ишков А.Д., Муминова С.Р. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 1. – С. 23–31. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31.
15. Подзорова Л.И., Ильичёва А.А., Кутузова В.Е. и др. Керамический материал и способ его получения // Патент 2744546 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 8.
16. Кулешов П.С. Способ диспергирования трудновоспламеняемых наночастиц // Патент 2744462 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 7.
17. Иванов Л.А., Капустин И.А., Борисова О.Н., Писаренко Ж.В. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 71–76. – DOI 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76.
18. Гаршев А.В., Путляев В.И., Евдокимов П.В. и др. Металлические пигменты с антакоррозийными покрытиями на основе алюминия и/или его сплавов // Патент 2746989 РФ МПК C1. 2021. Бюл. № 12.
19. Гурович Б.А., Приходько К.Е., Кулешова Е.А., Кутузов Л.В. Наноразмерный логический инвертор для цифровых устройств // Патент 2744161 РФ. МПК C1. 2021. Бюл. № 7.
20. Иванов Л.А., Бокова Е.С., Муминова С.Р., Катухин Л.Ф. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 27–33. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-1-27-33.
21. Есаулов С.К., Есаурова Ц.В. Способ получения композиционного металл-дисперсного покрытия, дисперсная система для осаждения композиционного металл-дисперсного покрытия и способ ее получения // Патент 2746863 РФ. МПК C1. 2021. Бюл. № 12.
22. Кошелев А.В., Атаманова О.В., Тихомирова Е.И. и др. Способ адсорбционной очистки сточных вод, содержащих ароматические соединения бензольного ряда // Патент 2747540 РФ. МПК C1. 2021. Бюл. № 13.
23. Тумаркин А.В., Синельщикова О.Ю., Тюрнина Н.Г. и др. Способ получения мультиферроиков на основе ферромагнитной стекломатрицы // Патент 2747496 РФ. МПК C2. 2021. Бюл. № 13.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Иванов Леонид Алексеевич**, канд. техн. наук, вице-президент Российской инженерной академии, член Международной федерации журналистов; г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9513-8712>, e-mail: L.Ivanov@mail.ru

**Сюй Ли Да**, д-р философии, профессор, Университет Олд Доминион, Отдел информационных технологий; Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE), г. Норфолк, Вирджиния, США, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3263-5217>, e-mail: LXu@odu.edu

**Бокова Елена Сергеевна**, д.т.н., профессор кафедры химии и технологии полимерных материалов и нанокомпозитов, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (РГУ им. А.Н. Косыгина), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7769-9639>, esbokova@ya.ru

**Деменев Алексей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент, Высшая школа сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса; пос. Черкизово, Московская область, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-6665>, e-mail: saprmgus@mail.ru

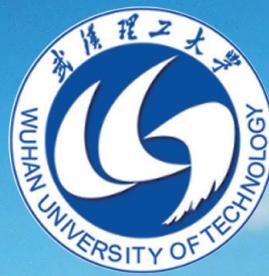
**Иванов Вячеслав Александрович**, канд. техн. наук, доцент, Высшая школа сервиса, Российский государственный университет туризма и сервиса; пос. Черкизово, Московская область, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2607-103X>, e-mail: master777k@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 11.05.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 03.06.2021.

Статья принята к публикации: 07.06.2021.



# WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IS ONE OF THE LEADING CHINESE UNIVERSITIES

## About Wuhan University of Technology

Wuhan University of Technology (hereafter referred to as WUT) was merged on May 27<sup>th</sup> 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 *ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities*.

### Overview of the International School of Materials Science and Engineering

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

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

Since 1996, WUT has implemented the talent cultivation system reforms through setting up pilot classes, including international cultivation programs, 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 China. The State Administration of Foreign Experts Affairs and the Ministry of Education established the Innovation and Intelligence Base for Material Composite new Technology and Advanced Functional Materials and Advanced Preparation Technology and Application Engineering of new Functional Thin Film Materials. SKL has established the WUT – Harvard University Nano Joint Laboratory, Joint Laboratory of New Energy Materials and Technology of Wuhan University of Technology–University of Michigan, Wuhan University of Technology–University of California, Davis, Multiplex Multi-scale New Technology Laboratory for Composite Materials, Wuhan University of Technology–Oxford Advanced Composite Ceramics Laboratory Etc.. Relying on those important international collaborative research platforms, SKL has undertaken a number international cooperation projects.

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

#### Contact information

Address: 122 Luoshi Road, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P. R. China

Postal Code: 430070

Supporting Institution: Wuhan University of Technology

Tel: 86-27-87884448; Fax: 86-27-87879466

E-mail: sklwut@whut.edu.cn

Contacts: Zhao Xiang, Zhou Lihua

R



# УХАНЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ – ОДИН ИЗ ВЕДУЩИХ КИТАЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

## Об Уханьском университете технологий

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

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

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

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

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

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

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

Австралии, России, Нидерландов и др., а также пригласил более 300 всемирно известных исследователей в качестве стратегических ученых, приглашенных и почетных профессоров. С 2007 года УУТ получил право основать в ведущих китайских университетах 5 базовых центров внедрения иностранных профессиональных направлений в следующих областях: перспективные технологии для синтеза и обработки материалов, перспективные технологии для высокопроизводительных кораблей, перспективные технологии для производства функциональных пленочных материалов и его использование в инженерии, ключевые технологии для транспортных средств с использованием альтернативных видов энергии и экологичных строительных материалов. Кроме того, университетом были основаны: Международная совместная лаборатория перспективных технологий для синтеза и обработки материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области экологичных строительных материалов, База международного научно-технического сотрудничества в области интеллектуального кораблестроения и морской безопасности. С 2009 года УУТ создал 14 международных совместных исследовательских центров с международно признанными институтами из США, Великобритании, Италии и Нидерландов, включая ключевую лабораторию технологий новых энергоносителей и конверсии (совместно с Мичиганским университетом). В этом плане с ним активно сотрудничали Саутгемптонский университет, центр технологий высокопроизводительных кораблей, а также Совместный исследовательский центр интеллектуального кораблестроения и движения (вместе с Делфтским техническим университетом). В 2016 году в партнерстве с Университетом Уэльс Тринити Сент 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* и *Shanghai Ranking's Academic Ranking of World Universities*.

## Обзор деятельности Международной школы материаловедения и инженерного дела

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

цированных кадров и инновационного центра знаний материаловедения и инженерного дела.

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

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

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

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

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

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





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

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

### Государственная ключевая лаборатория перспективных технологий синтеза и обработки материалов

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

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

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

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

В ГКЛ работают 103 штатных научных сотрудника, 1 академик Китайской академии наук, 2 академика Китайской инженерной академии, 1 академик Бельгийской королевской академии наук и Европейской академии наук, 1 академик Международной академии керамики, 12 почетных иностранных экспертов, 1973 научных руководителей программ, 5 стипендиатов Фонда подготовки талантливой молодежи, 4 ведущих специалиста из Национальной программы десяти тысяч специалистов, 7 победителей премии Pacesetter Engineering in the New Century, 5 стипендиатов премии Чэнг Конг и 18 победителей Проекта поддержки высококлассных

специалистов нового века Министерства образования. Это команда, вдохновленная инновациями и созидательным процессом. ГКЛ мотивирует молодых ученых посещать знаменитые международные университеты или исследовательские институты в целях установления сотрудничества. За последнее время лаборатория отправила более 20 молодых специалистов для участия в совместных исследованиях за границу.

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

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

**Контактная  
информация**

Address: 122 Luoshi Road, Hongshan District, Wuhan, Hubei, P. R. China  
Postal Code: 430070

R

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



## Nanotechnology of "intellectualization" of energy accounting and of suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings. Part 2

V.V. Belozerov<sup>1\*</sup> , I.V. Voroshilov<sup>2</sup> , A.N. Denisov<sup>3</sup> , M.A. Nikulin<sup>4</sup> , S.N. Oleinikov<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup> Krasnodar Compressor Plant LLC, Krasnodar, Russia

<sup>3</sup> Academy of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

<sup>4</sup> State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

\* Corresponding author: e-mail: safeting@mail.ru

**ABSTRACT:** **Introduction.** At present, both abroad and in Russia, accidents, fires and explosions in the engineering systems of multi-apartment residential buildings and individual residential buildings have become more frequent. At the same time, the "creators" of automated systems for monitoring and accounting of energy resources (ASKUE) did not attend to the solution of the problems of safety of engineering systems, since their goals were exclusively commercial tasks – "digitalization" of energy consumption metering and detection of illegal consumption of such sources. Therefore, in this article, an attempt is made to "eliminate clutter" in the automation of engineering systems in the residential sector. **Methods, models and tools.** Based on the analysis of engineering systems of multi-apartment residential buildings and individual residential buildings, as a result of the functioning of which not only the delivery of life support resources (gas, cold and hot water, electricity, communications, etc.) is carried out, but also fire-energy and environmental harm occurs, a methodology has been developed for the "intellectualization" of the means of accounting for the supplied resources, for the purpose of diagnosing and suppressing fire-energy harm using modern nanotechnologies and, thus, preventing accidents, explosions and fires in the residential sector. **Results and discussion.** The methodology of "intellectualization" is based on the dialectical unity of benefits and harms from consumed energy resources (electricity, domestic gas, hot and cold water), as well as to carry out a systemic synthesis of nanotechnologies and means of "detection and suppression" of fire-energy harm. The novelty of the research is protected by RF patents. **Conclusion.** The proposed approach makes it possible to "eliminate the disorder before the automation" of engineering systems of multi-apartment residential buildings and individual residential houses, by "intellectualizing" metering devices and optimizing nanotechnologies for suppressing fire-energy harm which leads to socio-economic losses.

**KEY WORDS:** automation, engineering systems of buildings, fire-energy harm, diagnostics of hazardous factors of fire and explosion, electric meter-detector, reactive power compensator, membrane air separator, thermomagnetic air separator.

**FOR CITATION:** Belozerov V.V., Voroshilov I.V., Denisov A.N., Nikulin M.A., Oleinikov S.N. Nanotechnology of "intellectualization" of energy accounting and suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings. Part 2. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 171–180. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-171-180.

### INTRODUCTION

In recent years, cases of natural gas explosions in residential buildings have become more frequent in Russia. Thus, according to Rosgazifikatsiya, about 200 different incidents related to the use of gas occur annually in the residential sector. At the same time, the number of explosions and socio-economic losses from them are

increasing (Fig. 1), and Rostekhnadzor blames the incident on the human factor, dividing the consequences into the following categories – damage and collapse of buildings (destruction of housing stock), death and injury people, material damage, psychological impact on the population, environmental pollution. In the overwhelming majority of cases, the epicenters of the explosions were located inside apartments. At the same time,

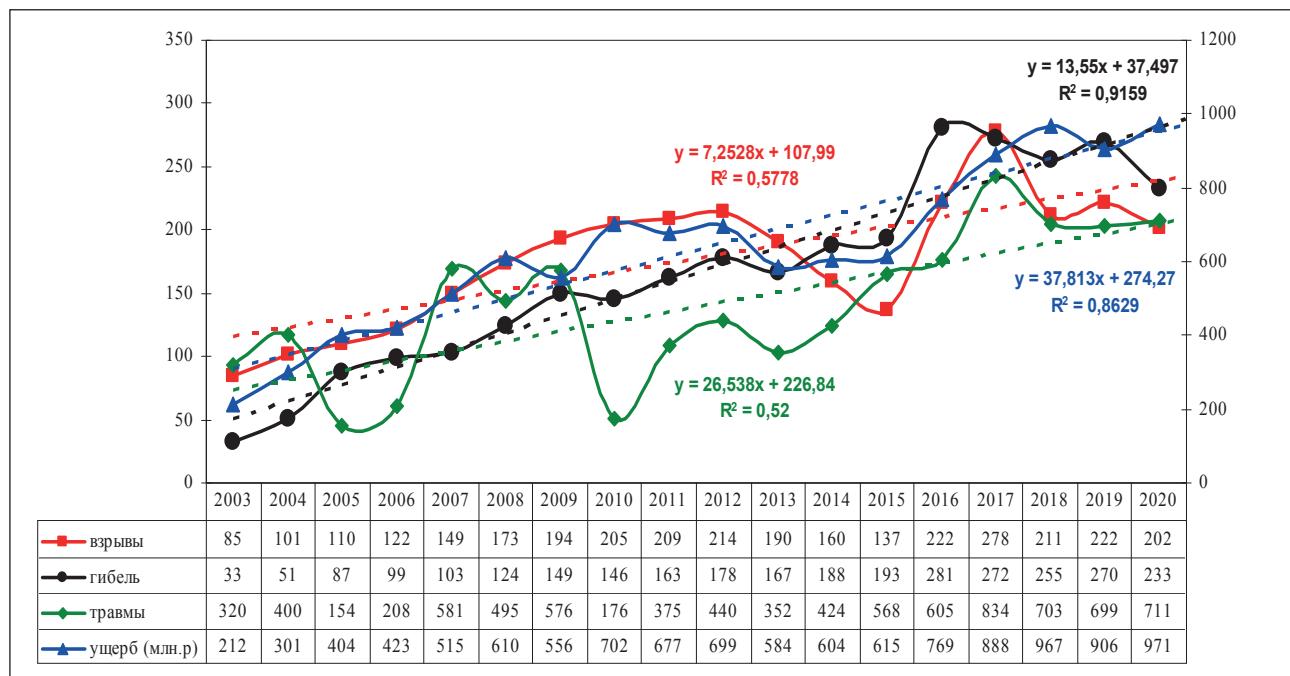


Fig. 1. Graphs of the number of gas explosions, injuries, deaths and damage in the residential sector of Russia

about 80% of the victims were poisoned by combustion products and 20% suffered from gas-air mixture explosions and fires [1].

From a number of fire-technical examinations it follows that some explosions and fires in the residential sector occurred due to gas leakage from external gas pipelines, by leaking into the apartments of the first and last floors and subsequent explosion / ignition, from sparking in wiring accessories [2].

An obvious solution to prevent domestic gas leaks is to install a gas meter with a solenoid valve (Fig. 2) at the gas inlet to an apartment or individual residential building, which cuts off the gas supply in the event of a leak [3],

as well as the addition of an electric meter – detector-suppressor of fire-electrical harm (EMDS FEH) with a sensor for household gas [4], in order to detect such a leak and prevent an explosion by turning off electricity in an apartment / individual house using a reactive power compensation unit (RPCI) EMDS FEH (Fig. 3), which turns such a combination into an electric-gas-meter-detector-suppressor FEH (EGMDS) [5]

Grand SPI (Fig. 2) is designed for commercial metering of consumed natural gas by individual consumers, and includes [3]:

- gas flow converter – jet generator and piezoelectric element;
- built-in temperature sensor;
- built-in pressure sensor;
- analog-digital unit;
- computing unit;
- interface block;
- an autonomous power supply element;
- GSM / GPRS modem (depending on the version);
- gas leakage sensor;
- shut-off valve (depending on the version);
- meter body with connecting pipes.

Data exchange of a gas meter and control of an electromagnetic shut-off valve from external devices, with EGMDSFEH, in particular, can be carried out by means of a built-in GSM modem or wires from a technological connector [3].

In this case, it becomes possible to determine already the fire-energy harm with the dimension MJ according to the formula [5]:

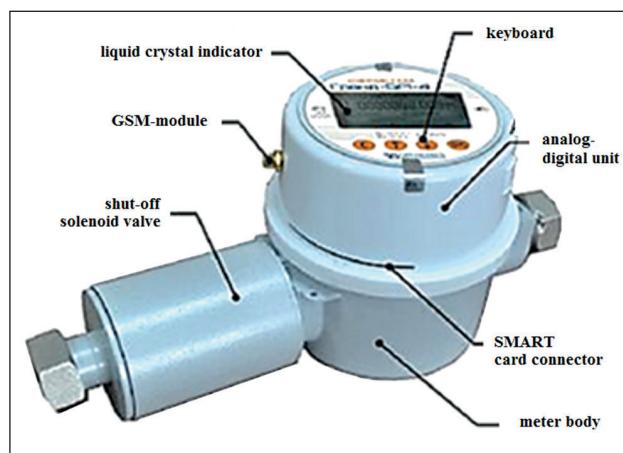


Fig. 2. Gas meter Grand-SPI with a leak sensor and a solenoid valve

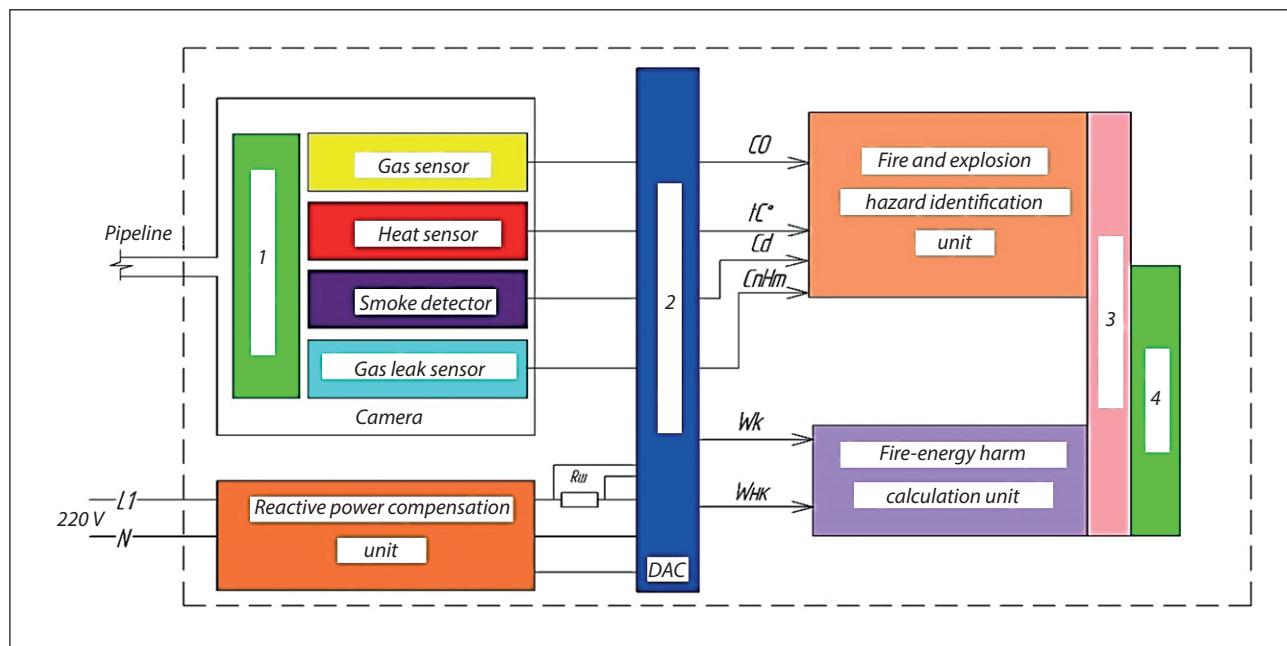


Fig. 3. Block diagram of EGMDS FEH with RPCI

$$FEH = k_j \cdot (P_D \cdot W_D + P_{ND} \cdot W_{ND}) + q_G \cdot P_G \cdot W_G, \quad (1)$$

where FEH – fire-energy harm for time t,  $k_j$  – coefficient of conversion of kilowatt / hour to Joule (3.6 mJ);  $q_G$  – calorific value of gas (35 mJ / m<sup>3</sup>);  $P_G$  – the probability of fire from gas appliances;  $W_G$  is the volume of consumed gas,  $P_D$  is the probability of a fire from electrical appliances with high-quality electricity;  $W_D$  – the volume of high-quality electricity consumed by electrical appliances;  $R_{ND}$  – the probability of a fire from electrical appliances with low-quality electricity;  $W_{ND}$  is the volume of low-quality electricity consumed by electrical appliances.

However, EGMDSFEH will not be able to protect an apartment or an individual residential building from fire and explosion if they arose not from electrical appliances and their own gas leak, but, for example, from careless handling of fire or a smoldering cigarette butt, as well as from the leakage of household gas from the outside (external gas pipeline, neighboring apartment, etc.). Only the use of gas fire extinguishing installations (not water!), which lower the oxygen concentration in the protected premises, allows suppressing the fire without damaging furniture, appliances and household items [6].

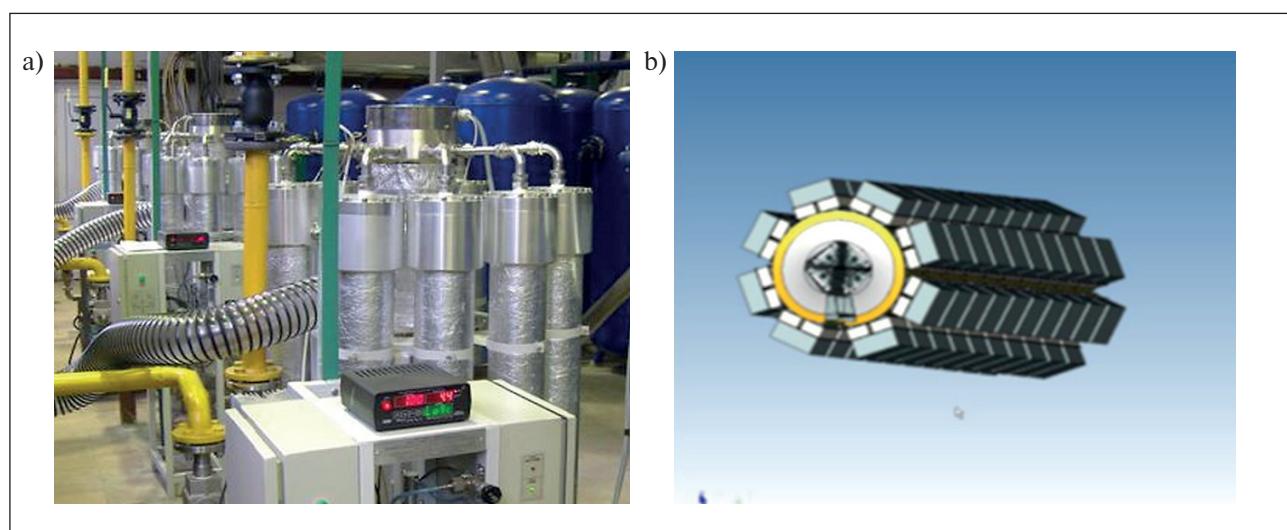


Fig. 4. Membrane separator of air ("a") and thermomagnetic separator of air ("b")

Therefore, the idea arose to use the pipeline of the aspiration system to supply nitrogen to the protected premises, for example, by joining the EGMDSEH with a membrane (Fig. 4 "a") separator of air (MSA) or with a thermomagnetic (Fig. 4 "b") separator of air (TMSA), because such integration will allow for the complete suppression of the determined FEN and to detect hazardous factors of fire and explosion (HFFE), without causing damage to devices and household items, which was protected by RF patents [7, 8].

Thus, the final task in the "elimination of disorder" in the automation of the life support of the residential sector is the integration of EGMDSEH with nanotechnologies for gas separation of air and with "smart" meters of hot and cold water [9] into a local automated microsystem for diagnostics and accounting of consumed energy resources in the residential sector [5], incl. with the suppression of communal accidents arising in this case, but also FEH and HFFE with the help of an electric-gas-water-meter-detector-suppressor (EGWMDS).

## RESULTS AND DISCUSSION

The system synthesis of the optimal model of EGWMDS led to the following obvious solutions.

Firstly, the devices "Grand SV TLM" were selected as hot and cold water meters (Fig. 5), designed to measure volumes of cold drinking and hot water according to the standards (SanPiN 2.1.4.1074-01 and SanPiN 2.1.4.2496-09) having [9]:

- flow-through measuring chamber with impeller and temperature sensor;
- analog-digital unit with liquid crystal display (LCD), keyboard, pulse input / output and GSM communication channel;

- external shut-off valve (controlled via interfaces: MODBUS RTU, GSM, GPRS, Bluetooth).

Secondly, such an integration required the introduction of a more powerful controller (3) with modules (3.1–3.3) and input-output ports (3.4–3.10) into the EGWMDS (Fig. 6).

Thirdly, EGWMDS can be easily unified with the help of an external air separation unit (ASU), since consists only of pipelines and solenoid valves [6]:

- for apartments in high-rise residential buildings where there is no gas supply and three-phase power supply of apartments, and an MSA with additional solenoid valves and a starting block for its electric compressor, including a reserve diesel engine (Fig. 7 "a"), is installed on the technical floor (Fig. 7 "b") or in the basement, with the appropriate "wiring" of nitrogen and air pipelines in apartments in parallel with the water supply pipes (Fig. 7 "c"),
- for apartments in multi-apartment residential buildings, where gas supply and single-phase power supply are used, and MSA can be used similarly to high-rise buildings, or TMSA, which is installed next to EGWMDS in the hallway, because algorithms for its functioning and ASU operation remain unchanged,
- for an individual dwelling house (Fig. 8), where TMSA and / or MSA can be used.

Unification allows the production and installation of the specified EGWMDS:

- with a gas meter,
- with one or more water meters,
- with RPCI for three-phase and / or single-phase power supply,
- with TMSA for apartments and small individual houses,

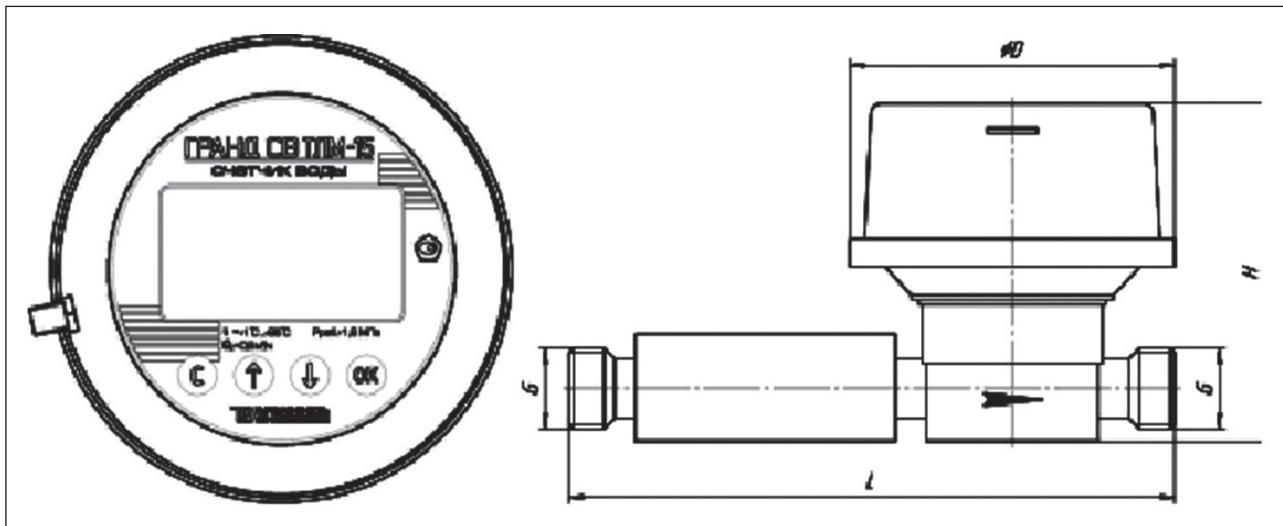


Fig. 5. Meters of cold and hot water with solenoid shut-off valves

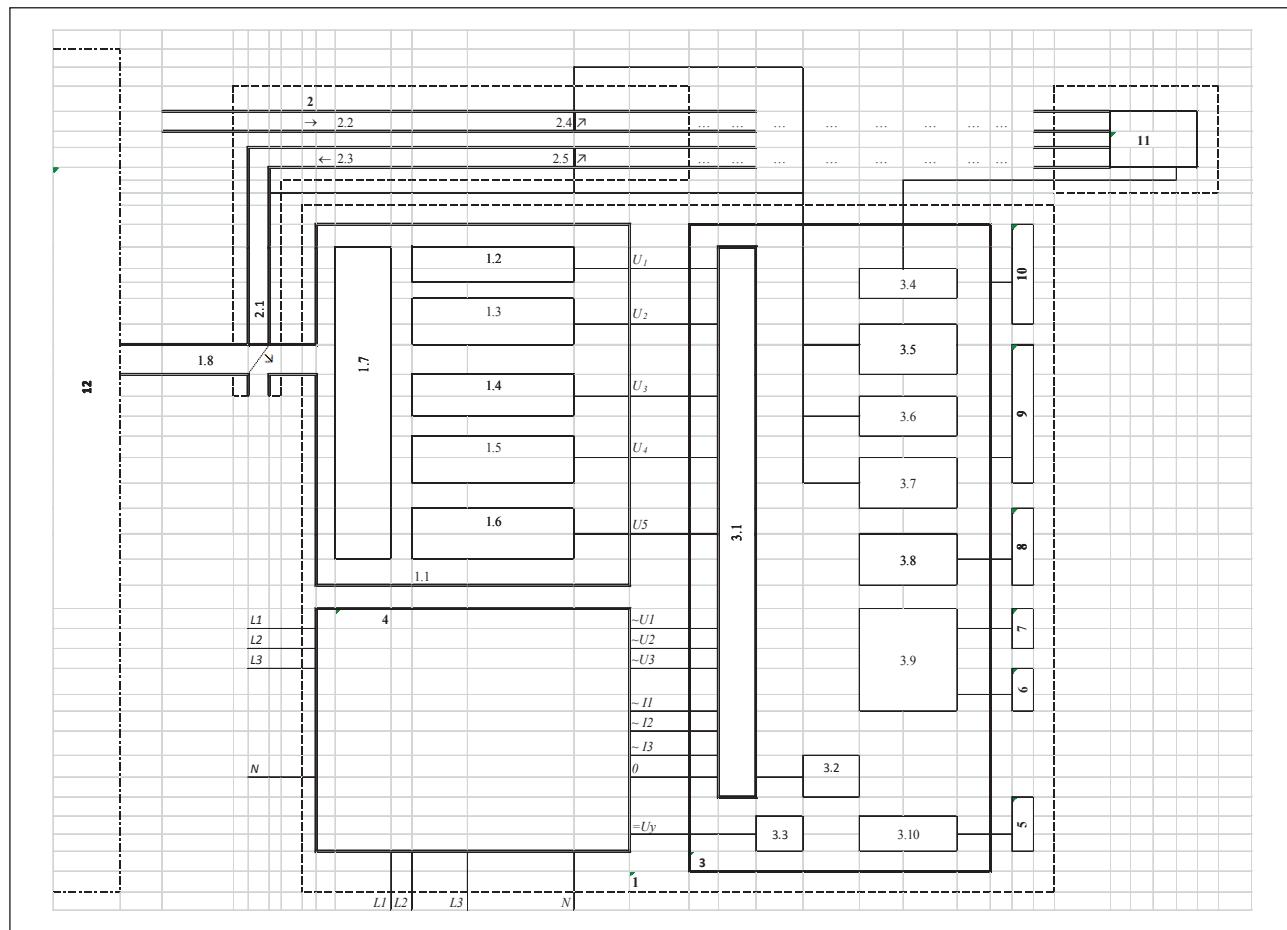


Fig. 6. Block diagram of EGWMDS

- with MSA for multi-apartment and high-rise residential buildings.

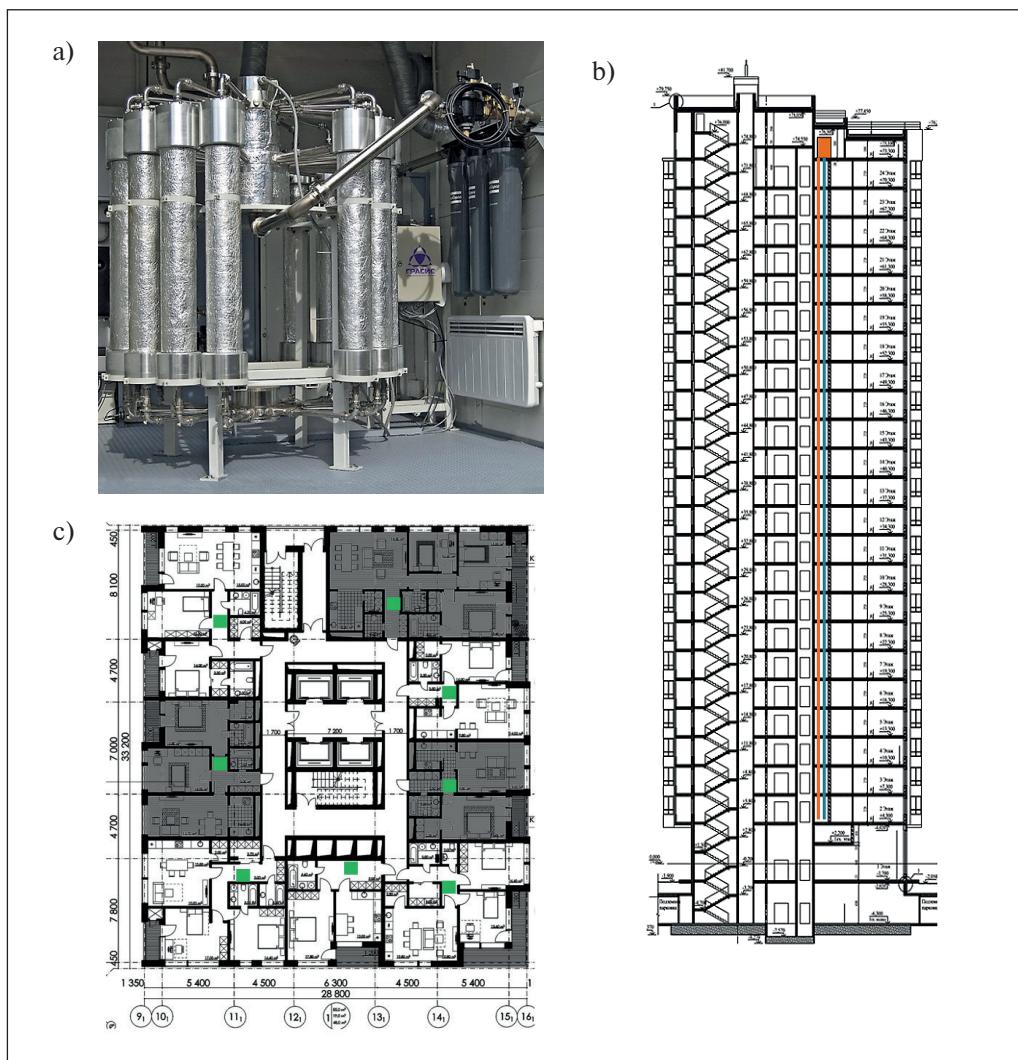
Thus, the structure and algorithms of the EGWMDS, which are described below, do not depend on its specification.

At the entrance to ASU (2), which is powered by EGWMDS (1) and its accumulator (9), solenoid valves (2.4, 2.5) are installed, through which pipelines (2.2, 2.3) are connected, going along the risers of the building next to the water supply pipes and drainage from the MSA (11), installed in the technical floor / basement and switched on by the controller (3) through the input-output port (3.4), upon detection of the HFFE in the protected premises (12) using the EGWMDS (1).

At the same time, through the RPCI (4), the electricity in the apartment / house is turned off and the camera (1.1) with the electric fan (1.7) and sensors (1.2–1.6) with the help of the electromagnetic valve (2.1) is switched to detect the HFFE in the room where the EGWMDS is installed, and also, the notification of residents about evacuation through the liquid crystal indicator with piezo-module of audio-video information (LCIP-module) (10) is turned on.

From the air sucked by ASU (2) from the room where it is installed, through the air duct (2.2), MSA (11) separates oxygen, which is removed either into the ventilation system or outside the building, and the separated nitrogen returns into roome through the nitrogen duct (2.3) and pipelines of the aspiration system (1.8), which ensures a rapid decrease in the oxygen concentration in the protected rooms (12) to a level at which combustion or explosion is impossible, and EGWMDS (1) continues to register the HFFE, since the chamber (1.1) remains connected by means of the solenoid valve (2.1) to the part of the pipeline of the aspiration system (1.8), registering and storing in memory the values from the sensors of temperature (1.2), of smoke content (1.3), carbon monoxide concentration (1.4) and domestic gas (1.5) and oxygen (1.6) in the room (as a rule, in the hallway at the front door), where the EGWMDS is installed, for comparison and identification of changes occurring in the rooms (in the absence of the HFFE), and the moment of the end of the HFFE suppression process, at which the controller turns off the MSA [5.6].

The use of a GSM radio modem (5), connected through the input-output port (3.10), makes it possible to transfer data on the consumption of “quality resources”



**Fig. 7. MSA on the technical floor (a), section of a high-rise with nitrogen and air pipelines (b), floor layout with EGWMDS (c)**

calculated by the controller (3), registered by the ADC (3.2) with a channel switch (3.1), or received from external counters, namely:

- of electricity corresponding to the PQI,
- of hot water (6) with “fair pay” in accordance with the actual range of temperature and according to the meter connected via the I/O port (3.9),
- of cold water according to the meter (7) through the same input-output port (3.9),
- of domestic gas according to the gas meter (8) connected through the input-output port (3.8).

Data transmission is carried out by the controller (3) to the appropriate supplying organizations and / and management companies, via a GSM radio modem (5), connected via the input-output port (3.10).

The controller (3) through the LCIP module (10) and the GSM radio modem (5) implements the following types of alarms and algorithms for their functioning:

- sound and LED flashing alert signals by the types of HFFE or accidents at the location of the EGWMDS (domestic gas leak, fire hazardous range of electricity consumption, power outage, water outages, etc.), which can be turned off with the “alert reset” button, if someone from the persons in the protected premises was able to take measures to eliminate the HFFE or an accident, while an SMS message will be sent to the owner of the protected premises and the management company without fail;
- audible and LED flashing warning signals by the types of HFFE at the location of the EGWMDS and the transmission of an SMS message with the receipt of its delivery in memory, in the absence of a “notification reset” after a set time interval (absence of persons in the protected premises or insufficient measures taken after the first “discharge”), in case of a domestic gas leak – to the gas emergency service and the owner,

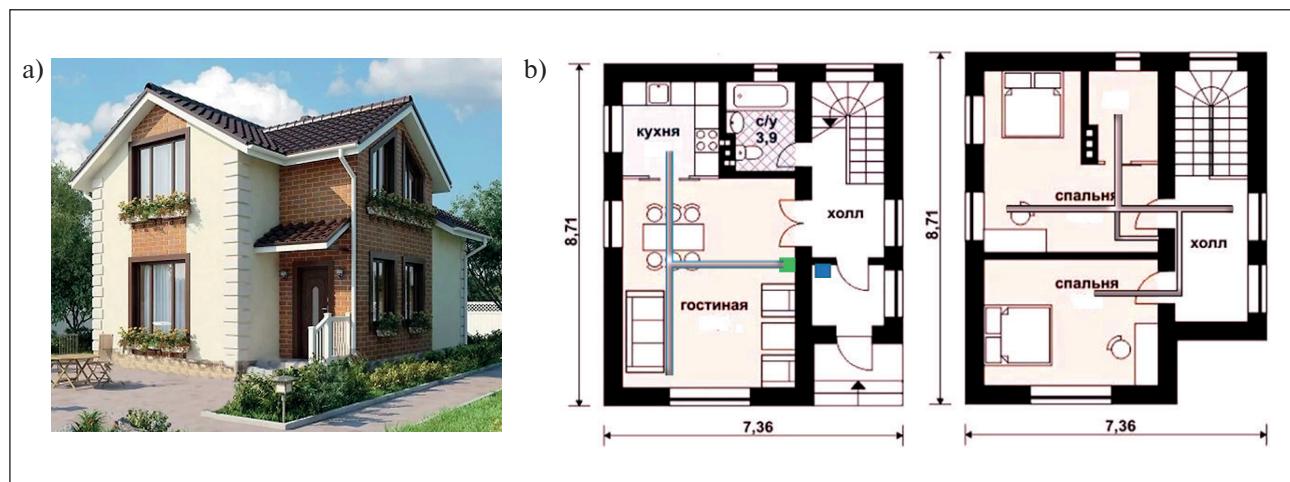


Fig. 8. Individual residential building (a) and floor plans with EGWMDS and TMSA (b)

to the management company and the owner, in case of a fire-threatening range of consumption / power outages – to the energy supervision, to the energy sales organization, to the management company and the owner, in case of fire (ignition plus evacuation) the fire brigade, the management company and the owner.

It is easy to see that the use of TMSA instead of MSA in an apartment or in an individual residential building occurs in a similar way [6].

The fundamental difference in the use of EGWMDS is the presence of an oxygen sensor in it, which allows monitoring its concentration, both in the absence of HFFE, and after their detection and switching on the MSA or TMSA to suppress them [4, 10].

It seems promising for further research and experiments on supplementing EGWMDS with a carbon dioxide sensor, which is also included in the HFF (Table 1), but not so much for detecting them [4], as for monitoring the living environment in an apartment / individual residential building, in order to create optimal living conditions, including control and management of heating [13, 14], as well as ventilation and air conditioning, taking into account energy saving and self-organization of safe life [12, 15].

From the point of view of the efficiency of using MSA [16], including mobile membrane units of various capacities [17], it is interesting the practice of Krasnodar Compressor Plant, LLC [18], in the provision of services for the use of nitrogen to enterprises and organizations of the coal mining [19] and oil and gas industries [20], is interesting, incl. on hard-to-reach objects [21].

The fact is that both abroad and in our country for fire protection of various objects, incl. multi-apartment and high-rise residential buildings, they use the so-called dry pipes, which are a fire-fighting water supply system installed for large areas and where it is appropriate to keep

the water pipe empty for reasons of economy, due to technical capabilities, or if the fire extinguishing composition can freeze, leading to pipe ruptures, which allows you to quickly, without laying hose lines, supply water from an arriving fire truck. In this case, without fail, dry pipes are installed [22, 23]:

- in multi-storey residential buildings with a height of 36 to 50 m or up to 75 m with fire hydrants in cupboards on each floor;
- in multifunctional buildings up to 50 m high with fire hydrants (libraries, administrative buildings, hotels, hospitals);
- with shut-off valves in attics and stairwells in two-storey buildings of the V degree of fire resistance with 4 or more apartments.

Taking into account the tendency for the construction of high-rise residential buildings with their grouping into microdistricts (Fig. 9), an idea arises,

firstly, instead of installing an MSA in every house, bring the “air” and “nitrogen” pipelines to the facade of the building, as is done for dry pipes [23];

secondly, to equip the fire brigades that guard such microdistricts with mobile nitrogen plants (Fig. 10), so that due to early and reliable detection of the HFF [10], at comparable times of “launching the MSA” and riding the combat crew to the object of the fire in the microdistrict, to save one-time and current costs for the installation and operation of “dozens of MSAs” in the buildings of the microdistrict.

It should be noted that LLC Krasnodar Compressor Plant jointly with the Don State Technical University, within the framework of the RF Government Decree No. 218, developed in 2013 a project for the production separators of air and the production of stationary and mobile fire protection equipment based on them, which, however, did not find support in the indicated competition [24].



Fig. 9. Microdistrict Leventsovsky



Fig. 10. Nitrogen station TGA-5/10 (a) and fire engine of Krasnodar Compressor Plant (b)

## CONCLUSION

As a result of a systematic analysis of the problems of safe life in the residential sector (in apartments in residential buildings, in individual residential buildings) of cities and towns of the regions of Russia, fundamental shortcomings have been revealed in the organization and automation of accounting for consumed energy resources (electricity, gas, hot and cold water) in residential sector.

Based on the developed probabilistic-physical approach to the occurrence of fire-energy harm in the residential sector when electricity and gas are consumed, a consistent systemic synthesis of the methods and means for diagnosing fire-energy harm with nanotechnology of its suppression was carried out using an electric-gas-meter-detector-suppressor (reactive power compensation unit and air separation unit), which, together with membrane or thermomagnetic air separators, provide fire and explosion protection for an apartment / individual house.

Optimization and automation of hot and cold water metering was carried out, that resulted in developing a model of a universal electric-gas-water-meter-detector-suppressor (EGWMDS) and a scheme of its use in apartments of residential buildings and in individual residential houses.

The proposed approach, according to the authors, is designed to “eliminate disorder” in the functioning of engineering systems in apartment buildings and individual residential houses, as well as to carry out optimal automation of the life support of the residential sector, regardless of the structures of resource-supplying / management companies and territorial emergency and supervisory services.

The developed method and EGWMDS make it possible in the shortest possible time to implement it using the re-investment model of the system of adaptive fire and energy taxation of individuals in the residential sector [6, 10, 11].

Studies have shown that the proposed approach can be implemented at the objects of trade, health care, education, science and culture [2, 12, 24].

The paper “Nanotechnologies of “intellectualization” of energy accounting and of suppression of fire-energy harm in engineering systems of residential buildings. Part 1” was published in “Nanotechnologies in Construction” 2021; 13(2). Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107).

## REFERENCES

1. Korneev V. Domestic gas explosions in residential buildings in Russia in 2016. Dossier. TASS: Russian news agency. 2016. Available from: <http://tass.ru/info/3727196>.
2. Belozerov V.V. On the cognitive model of safety management of objects with a mass presence of people (based on the results of the examination of the fire of the market “Turgenevsky”). *Security Issues*. 2018; 5: 35–62. Available from: [doi: 10.25136/2409-7543.2018.5.27485](https://doi.org/10.25136/2409-7543.2018.5.27485).
3. *Gas meters Grand-SPI. Operation manual: TUAS.407299.002 RE*. Rostov-on-Don: LLC Turbulence Don; 2015.
4. Belozerov V.V., Belozerov V.V., Dolakov T.B., Nikulin M.A., Oleinikov S.I. Nanotechnology of “intellectualization” of energy accounting and suppression of fire and energy harm in engineering systems of residential buildings (part 1). *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(2): 95–107. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107).
5. Dolakov T.B., Oleinikov S.N. Model of an automated microsystem for accounting for energy resources and fire and explosion protection of the residential sector. *Electronics and electrical engineering*. 2018; 2: 48–72. Available from: [doi: 10.7256/2453-8884.2018.2.26131](https://doi.org/10.7256/2453-8884.2018.2.26131).
6. Belozerov V.V., Dolakov T.B., Oleinikov S.N., Perikov A.V. *Synergetics of life safety in the residential sector*. Moscow: Publishing house of the Academy of Natural Sciences; 2017. Available from: doi: 10.17513/np.283.
7. Voroshilov I.V., Maltsev G.I., Koshakov A.Yu. Nitrogen generator. RF Patent No. 2450857. 2010-24-08.
8. Belozerov V.V., Barefoot S.I., Videtskikh Yu.A., Novakovich A.A., Pirogov M.G., Tolmachev G.N. *A method of thermomagnetic air separation and a device for its implementation*. RF Patent No. 2428242. 2011-10-09.
9. Water meter Grand SV TLM: Operation manual. TUAS.407212.001 RE – Rostov-on-Don: LLC Turbulence Don, 2012.
10. Belozerov V.V., Denisov A.N., Dolakov T.B., Voroshilov I.V., Nikulin M.A., Oleinikov S.N., Belozerov Vl.V. *A method for early and reliable detection of hazardous fire factors with suppression of fire and electrical harm in residential premises*. Application for invention No. 2021112049. 2021-27-04.
11. Belozerov V.V., Oleinikov S.N. *On the issue of an adaptive fire and energy tax in ensuring fire safety*. Improvement of the theory and methodology of finance and taxation: Proceedings of international scientific and practical conference. Volga Research Center. Yoshkar-Ola: Colloquium; 2012. P. 106–111.
12. Belozerov V.V. *Synergetics of safe life*. Rostov-on-Don: SFEdU; 2015.
13. Belozerov V.V., Dolakov T.B., Belozerov V.V. On safety and prospects of electrical heating in individual residential houses. *Modern science-intensive technologies*. 2017; 11: 7–13.
14. Belozerov V.V., Seryachenko M.V. *Model of a local automated control system for heat and water supply in the residential sector*. In: N.A. Shevchenko (ed.) Actual problems of science and technology 2020: Materials of the national scientific-practical conference. Rostov-on-Don: DSTU; 2020. P. 27–28.
15. Belozerov V.V. “Intelligent” ventilation and air conditioning system in apartments of multi-storey buildings and in individual residential buildings with nanotechnology for protection against fires and explosions. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11(6): 650–666. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666).
16. Voroshilov I.V., Melnik A.V., Shuleikin P.B. High pressure nitrogen for enhanced oil recovery: new generation TGA stations set energy efficiency records. *Oil. Gas. Innovations*. 2020; 10(239): 41–46.
17. Voroshilov I.V., Anisimov K.V., Shuleikin P.B. The use of nitrogen compressor stations TEGAS in the oil industry. *Sfera. Oil and Gas*. 2018; 6(68): 92–94.
18. Voroshilov I.V., Kalyuzhnaya Yu.S. TEGAS: Rent of compressor stations is an established trend. *Drilling and oil*. 2014; 9: 79–80.
19. Voroshilov I.V., Vladikin D.V. Promising methods of mining methane from coal seams, ensuring the safety of miners. *Coal*. 2008; 6(986): 22–23.
20. Voroshilov I.V., Kopachev D.N., Kalyuzhnaya Yu.S. Application of compressor and gas separation equipment “TEGAS” in oilfield services. *Drilling and oil*. 2014; 5: 59–60.

21. Voroshilov I.V. Mobile nitrogen compressor stations TGA – operational provision of hard-to-reach objects with compressed nitrogen. *Exposition Oil Gas.* 2012; 4 (22); 74–75.
22. Ministry of Emergency Situations of Russia. SP 8.13130. Fire protection systems. Outdoor fire-fighting water supply. Fire safety requirements. 2020.
23. Ministry of Emergency Situations of Russia. SP 10.13130. Fire protection systems. Internal fire-fighting water supply. Norms and rules of design. 2020.
24. Voroshilov I.V., Meskhi B.Ch., Prilutsky A.I. Development and putting into production of air separators and production of fire protection means based on them (project No. 2013-218-04-023). *Electronics and electrical engineering.* 2016; 1: 21–71; Available from: [doi: 10.7256/2453-8884.2016.1.21034](https://doi.org/10.7256/2453-8884.2016.1.21034).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Valery V. Belozerov**, Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of "Automated Control Systems" FSBEI HE "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6999-7804>, e-mail: safeting@mail.ru

**Igor V. Voroshilov**, Cand. Sci. (Phys.-Math.), General Director of Krasnodar Compressor Plant LLC, Krasnodar, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6546-1700>, e-mail: gendir@kkzav.ru

**Alexey N. Denisov**, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Fire Tactics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academy of State Fire Service" EMERCOM of Russia, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2594-9389>, e-mail: dan\_aleks@mail.ru

**Mikhail A. Nikulin**, Senior Lecturer, Department of Technosphere Safety, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7756-3456>, e-mail: pojaz\_2003@mail.ru

**Sergey N. Oleinkov**, Cand. Sci. (Eng.), Deputy Head of the Faculty of Training Scientific and Pedagogical Personnel, Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8316-075X>, e-mail: osn-fire@bk.ru

#### Authors declare the absence of any competing interests.

*Received: 15.03.2021.*

*Revised: 04.04.2021.*

*Accepted: 08.04.2021.*



## Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть 2

В.В.Белозеров<sup>1\*</sup> , И.В. Ворошилов<sup>2</sup> , А.Н. Денисов<sup>3</sup> , М.А. Никулин<sup>4</sup> , С.Н. Олейников<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup> ООО «Краснодарский компрессорный завод», г. Краснодар, Россия

<sup>3</sup> Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Россия

\*Контакты: e-mail: safeting@mail.ru

**РЕЗЮМЕ: Введение.** В настоящее время и за рубежом, и в России участились случаи аварий, пожаров и взрывов в инженерных системах многоквартирных жилых зданий и индивидуальных жилых домов. При этом «создатели» автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) не озабочились решением задач безопасности инженерных систем, т.к. их целями явились исключительно коммерческие задачи – «цифровизация» учета потребления энергоресурсов и обнаружение их хищения. Именно поэтому в настоящей статье предпринята попытка «устранения беспорядка» в автоматизации инженерных систем жилого сектора. **Методы, модели и средства.** На основе анализа инженерных систем многоквартирных жилых зданий и индивидуальных жилых домов, в результате функционирования которых осуществляется не только доставка ресурсов жизнеобеспечения (газа, холодной и горячей воды, электроэнергии, связи и т.д.), но и возникает пожарно-энергетический и экологический вред, разработана методология «интеллектуализации» средств учета поставляемых ресурсов на предмет диагностики и подавления пожарно-энергетического вреда с помощью современных нанотехнологий и предотвращения таким образом аварий, взрывов и пожаров в жилом секторе. **Результаты и обсуждение.** Методология «интеллектуализации» построена на диалектическом единстве благ и вреда от потребляемых энергоресурсов (электроэнергии, бытового газа, горячей и холодной воды), а также осуществления системного синтеза нанотехнологий и средств «обнаружения и подавления» пожарно-энергетического вреда. Новизна исследования защищена патентами РФ. **Заключение.** Предлагаемый подход позволяет «устранить беспорядок перед автоматизацией» инженерных систем многоквартирных жилых зданий и индивидуальных жилых домов путем «интеллектуализации» приборов учета и оптимизации нанотехнологий подавления пожарно-энергетического вреда, приносящего социально-экономические потери.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** автоматизация, инженерные системы зданий, пожарно-энергетический вред, диагностика опасных факторов пожара и взрыва, электросчетчик-извещатель, компенсатор реактивной мощности, мембранный сепаратор воздуха, термомагнитный сепаратор воздуха.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Никулин М.А., Олейников С.И. Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть 2 // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 171–180. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-171-180.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в России участились случаи взрывов природного газа в жилых домах. Так, по данным ОАО «Росгазификация», ежегодно в жилом секторе происходят порядка 200 различных инцидентов, связанных с использованием газа. При этом число

взрывов и социально-экономические потери от них возрастают (рис. 1), а «Ростехнадзор» возлагает вину за произошедшее на человеческий фактор, разделяя последствия на следующие категории – повреждение и обрушение зданий (уничтожение жилого фонда), гибель и травмы людей, материальный ущерб, психологическое воздействие на население, загрязнение

© Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Денисов А.Н., Никулин М.А., Олейников С.И., 2021

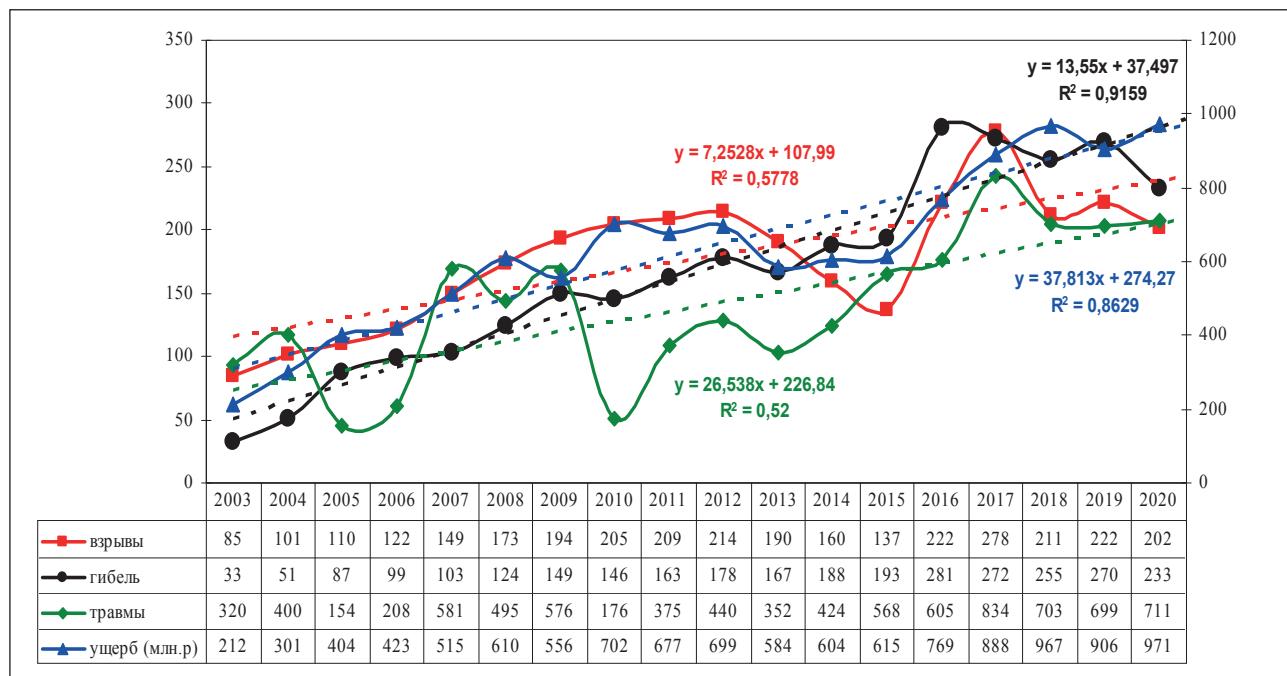


Рис.1. Графики числа взрывов газа, травм, погибших и ущерба в жилом секторе России

окружающей среды. Эпицентры взрывов в подавляющем большинстве случаев находились внутри квартир. При этом около 80% пострадавших отравились продуктами горения и 20% – в результате взрывов газовоздушной смеси и пожаров [1].

Из ряда пожарно-технических экспертиз следует, что некоторые взрывы и пожары в жилом секторе возникали из-за утечки газа из внешних газопроводов путем натекания в квартиры первых и последних этажей и последующего взрыва/загорания от искрообразования в электроустановочных изделиях [2].

Очевидным решением для предотвращения утечек бытового газа является установка на газовом вводе в квартиру / индивидуальный жилой дом счетчика учета потребления газа с электромагнитным клапаном (рис. 2), отключающим подачу газа в случае его утечки [3], а также дополнение электро-счетчика-извещателя-подавителя пожарно-электрического вреда (ЭСИП ПЭВ) датчиком на бытовой газ [4], чтобы обнаружить подобную утечку и предотвратить взрыв путем отключения электроэнергии в квартире / индивидуальном жилом доме с помощью блока компенсации реактивной мощности (БКРМ) ЭСИП ПЭВ (рис. 3), что превращает такое комплексирование в электро-газо-счетчик-извещатель-подавитель ПЭВ (ЭГСИП) [5].

Гранд-SPI (рис. 2) предназначен для коммерческого учета расходуемого природного газа индивидуальными потребителями и включает в себя [3]:

- преобразователь расхода газа – струйный генератор и пьезоэлемент;

- встроенный датчик температуры;
- встроенный датчик давления;
- аналого-цифровой блок;
- вычислительный блок;
- интерфейсный блок;
- элемент автономного питания;
- GSM/GPRS модем (в зависимости от исполнения);
- датчик утечки газа;
- запорный клапан (в зависимости от исполнения);
- корпус счетчика с присоединительными патрубками.



Рис. 2. Газовый счетчик Гранд-SPI с датчиком утечки и с электромагнитным клапаном

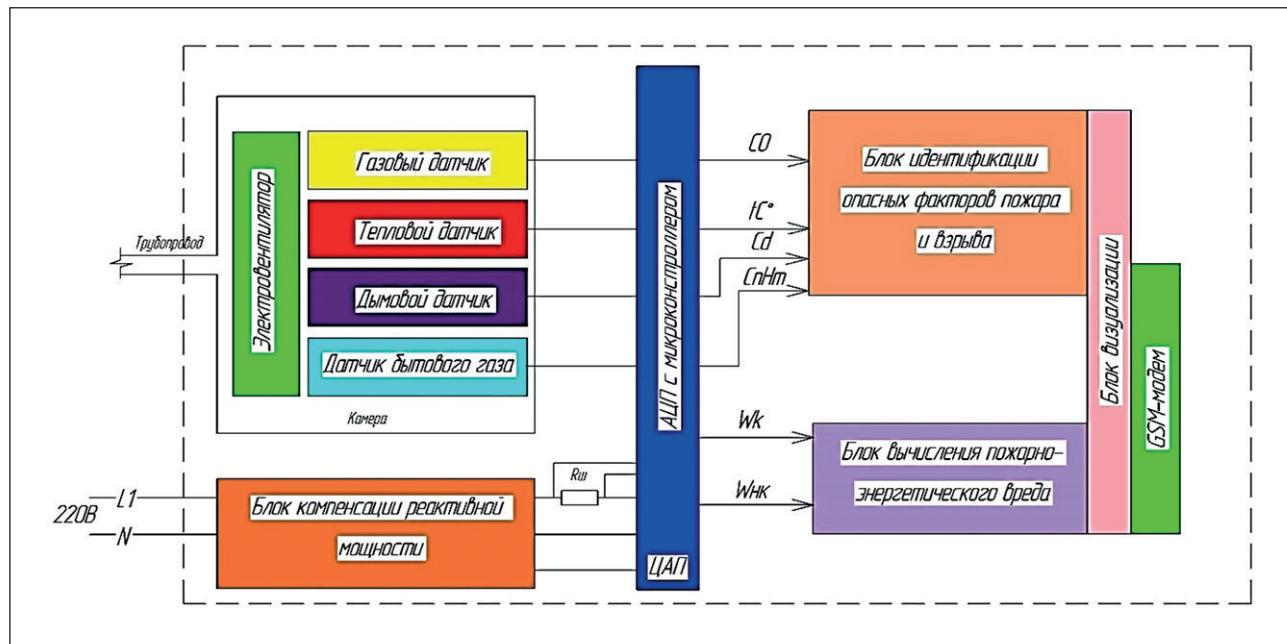


Рис. 3. Блок-схема ЭГСИ с БКРМ

Обмен данными газового счетчика и управление электромагнитным запорным клапаном с внешних устройств, с ЭГСИП ПЭВ в частности, может осуществляться посредством встроенного GSM-модема или проводами с технологического разъема [3].

В этом случае появляется возможность определения уже пожарно-энергетического вреда с размерностью Мдж по формуле [5]:

$$\text{ПЭВ} = k_{\text{дк}} \cdot (P_{\text{д}} \cdot W_{\text{д}} + P_{\text{нд}} \cdot W_{\text{нд}}) + q_r \cdot P_r \cdot W_r, \quad (1)$$

где ПЭВ – пожарно-энергетический вред за время  $t$ ,  $k_{\text{дк}}$  – коэффициент перевода киловатт/час в Джо-

ули (3,6 мДж);  $q_r$  – теплотворная способность газа (35 мДж/м<sup>3</sup>);  $P_r$  – вероятность пожара от газовых приборов;  $W_r$  – объем потребляемого газа,  $P_{\text{д}}$  – вероятность пожара от электроприборов при качественной электроэнергии;  $W_{\text{д}}$  – объем качественной электроэнергии, потребленной электроприборами;  $P_{\text{нд}}$  – вероятность пожара от электроприборов при некачественной электроэнергии;  $W_{\text{нд}}$  – объем некачественной электроэнергии, потребленной электроприборами.

Однако ЭГСИП ПЭВ не сможет защитить квартиру или индивидуальный жилой дом от пожара и взрыва, если они возникли не от электроприборов и собственной утечки газа, а, например, от неосто-

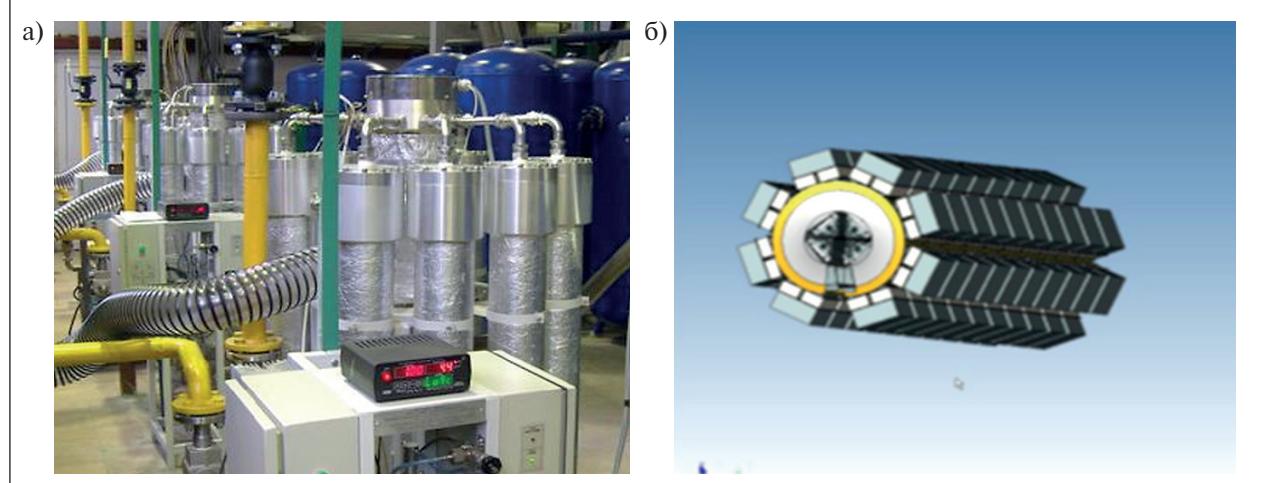


Рис. 4. Мембранный сепаратор воздуха («а») и термомагнитный сепаратор воздуха («б»)

## ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

рожного обращения с огнем или тлеющего окурка, а также от утечки бытового газа извне (внешнего газопровода, соседней квартиры и т.д.). Только применение установок газового пожаротушения (а не воды!), которые понижают концентрацию кислорода в защищаемых помещениях, позволяет подавить возгорание без повреждения мебели, приборов и предметов быта [6].

Поэтому возникла идея использовать трубопровод аспирационной системы для подачи азота в защищаемые помещения, например, путемстыковки ЭГСИП ПЭВ с мембранным (рис. 4 «а») сепаратором воздуха (МСВ) или термомагнитным (рис. 4 «б») сепаратором воздуха (ТМСВ), т.к. такое комплексирование позволит осуществить полное подавление определяемого ПЭВ и обнаруженных опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) без нанесения ущерба приборам и предметам быта, что и было защищено патентами РФ [7, 8].

Таким образом, окончательной задачей в «устранении беспорядка» при автоматизации жизнеобеспечения жилого сектора, является комплексирование ЭГСИП ПЭВ с нанотехнологиями газоразделения воздуха и с «интеллектуальными» счетчиками горячей и холодной воды [9] в локальную автоматизированную микросистему диагностики и учета потребляемых энергоресурсов в жилом секторе [5], в т.ч. с подавлением возникающих при этом коммунальных аварий, а также ПЭВ и ОФПВ с помощью электро-газо-водо-счетчика-извещателя-подавителя (ЭГВСИП).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Системный синтез оптимальной модели ЭГВСИП привел к следующим очевидным решениям.

Во-первых, в качестве счетчиков горячей и холодной воды были выбраны приборы «Гранд СВ ТЛМ» (рис. 5), предназначенные для измерений объемов холодной питьевой и горячей воды по стандартам (СанПиН 2.1.4.1074-01 и СанПиН 2.1.4.2496-09), имеющие [9]:

- проточную измерительную камеру с крыльчаткой и датчиком температуры;
- аналого-цифровой блок с жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ), клавиатурой, импульсным входом/выходом и GSM каналом связи;
- внешний запорный клапан (с управлением через интерфейсы: MODBUSRTU, GSM, GPRS, Bluetooth).

Во-вторых, такое комплексирование потребовало введения в ЭГВСИП (рис. 6) более мощного контроллера (3) с модулями (3.1–3.3) и портами ввода-вывода (3.4–3.10).

В-третьих, ЭГВСИП с помощью внешнего блока сепарации воздуха (БСВ) легко унифицируется, т.к. состоит только из трубопроводов и электромагнитных клапанов [6]:

- под квартиры в высотных жилых зданиях, где нет газоснабжения и трехфазное электропитание квартир, а МСВ с дополнительными электромагнитными клапанами и блоком запуска его электрокомпрессора, включая дизель резерва (рис. 7 «а»), устанавливается на техническом этаже (рис. 7 «б») или в подвале с соответствующей «разводкой» азотного и воздушного трубопроводов по квартирам параллельно с трубами водоснабжения (рис. 7 «в»),
- под квартиры в многоквартирных жилых зданиях, где используется газоснабжение и однофазное электроснабжение и может использоваться МСВ аналогично высотным зданиям или ТМСВ, который устанавливается рядом с ЭГВСИП в при-

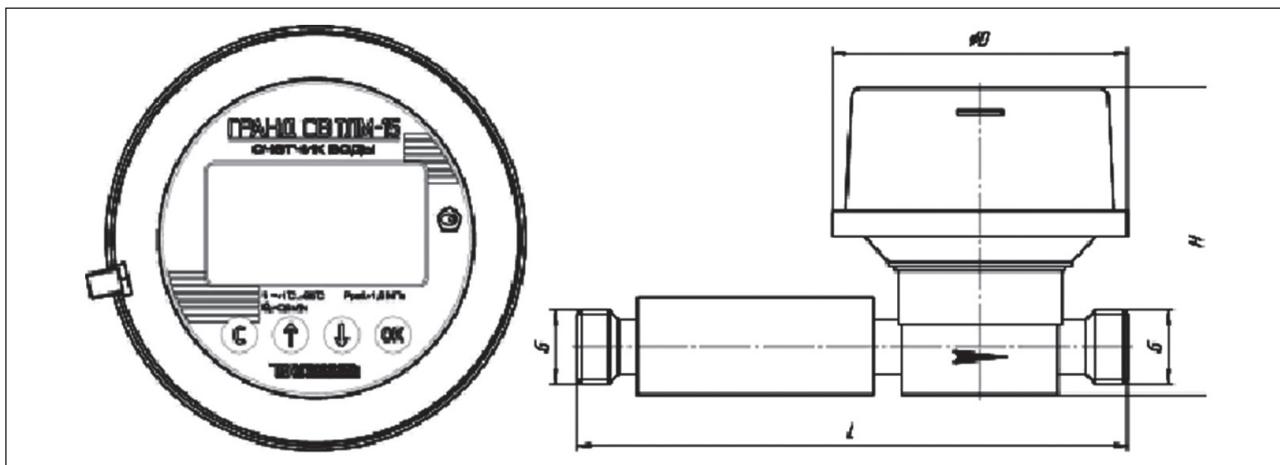


Рис. 5. Счетчики холодной и горячей воды с электромагнитными запорными клапанами

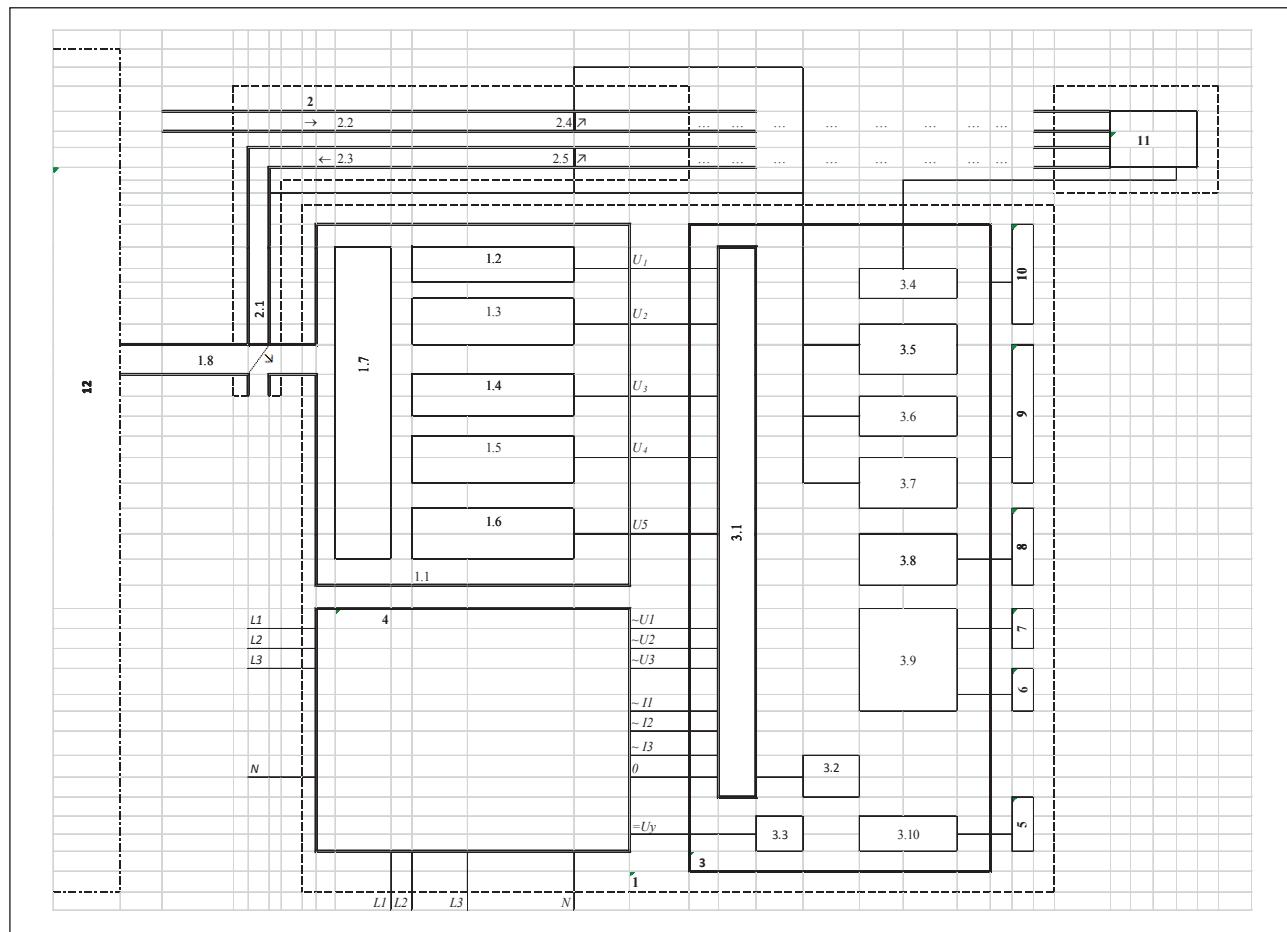


Рис.6. Блок схема ЭГВСИП

хожей, т.к. алгоритмы его функционирования и работы БСВ остаются неизменными,

- под индивидуальный жилой дом (рис. 8), где может быть использован ТМСВ и/или МСВ.

Унификация позволяет выпускать и устанавливать специфицированные ЭГВСИП:

- с газовым счетчиком,
- с одним или несколькими водяными счетчиками,
- с БКРМ для трехфазного и/или однофазного электроснабжения,
- с ТМСВ для квартир и небольших индивидуальных домов,
- с МСВ для многоквартирных и высотных жилых домов.

Таким образом, структура и алгоритмы работы ЭГВСИП, описание которых приведены ниже, не зависят от его спецификации.

На входе в БСВ (2), который питается от ЭГВСИП (1) и его аккумулятора (9), установлены электромагнитные клапаны (2.4, 2.5), через которые подключаются трубопроводы (2.2, 2.3), идущие по стоякам здания рядом с трубами водоснабжения и водоотведения от МСВ (11), устанавливаемого

в помещении технического этажа/подвала и включаемого контроллером (3) через порт ввода-вывода (3.4) при обнаружении ОФПВ в защищаемых помещениях (12) с помощью ЭГВСИП (1).

Одновременно через БКРМ (4) отключается электроэнергия в квартире/доме и «переключается» камера (1.1) с электроприводом (1.7) и датчиками (1.2–1.6) с помощью электромагнитного клапана (2.1) на обнаружение ОФПВ в помещении, где установлен ЭГВСИП, а также включается оповещение жильцов об эвакуации через жидкокристаллический индикатор с пьезомодулем (ЖКИП) (10).

Из воздуха, высыпываемого БСВ (2) из помещения, где он установлен, через воздушный канал (2.2) МСВ (11) отделяет кислород, который выводится или в вентиляционную систему, или наружу здания, а сепарированный азот возвращается обратно через азотный канал (2.3) и трубопроводы аспирационной системы (1.8), чем обеспечивается быстрое понижение концентрации кислорода в защищаемых помещениях (12) до уровня, при котором горение или взрыв невозможны, причем ЭГВСИП (1) продолжает регистрацию ОФПВ, т.к. камера (1.1) оста-

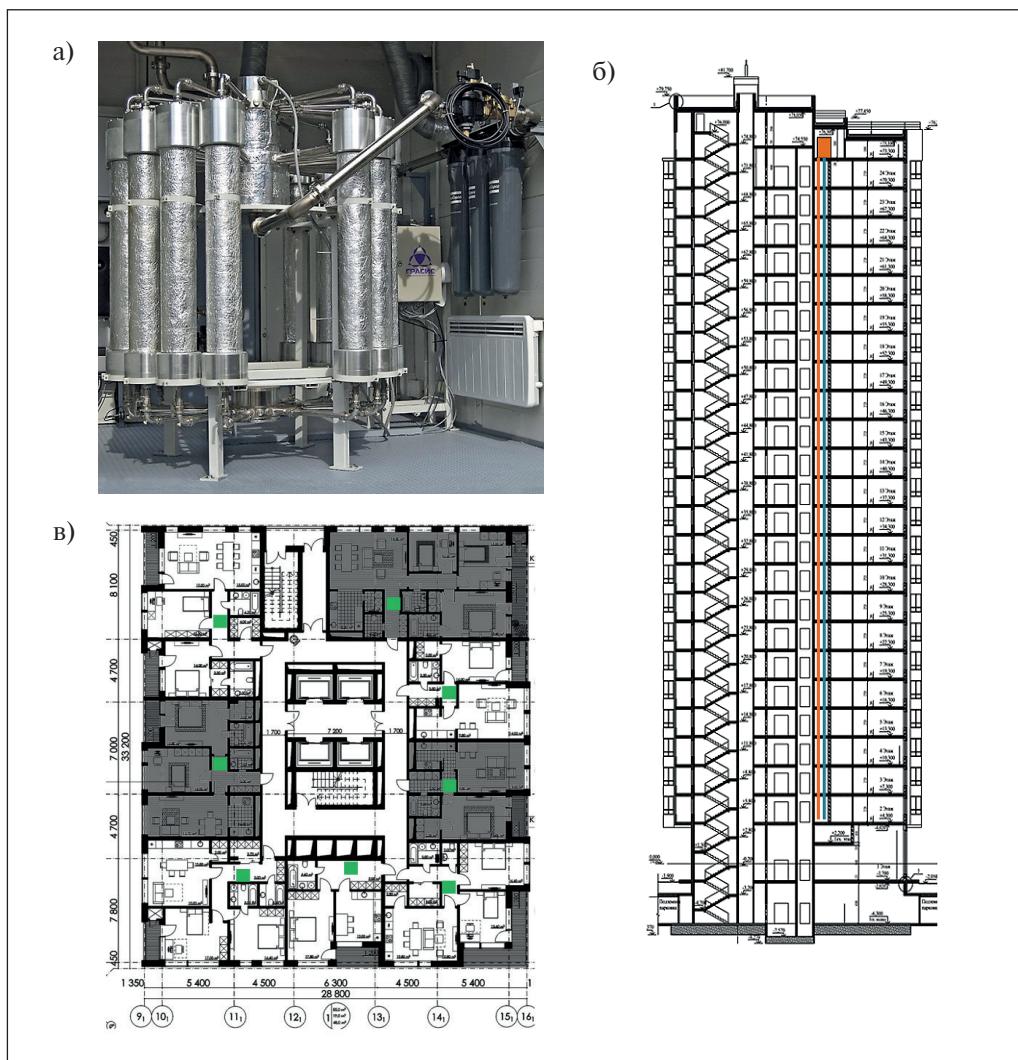


Рис. 7. МСВ на техническом этаже (а), разрез высотки с азотным и воздушным трубопроводами (б), планировка этажа с ЭГВСИП (в)

ется подключенной с помощью электромагнитного клапана (2.1) к части трубопровода аспирационной системы (1.7), регистрируя и записывая в память значения от датчиков температуры (1.2), задымленности (1.3), концентрации окиси углерода (1.4), бытового газа (1.5) и кислорода (1.6) в помещении (как правило, в прихожей у входной двери), где установлен ЭГВСИП, для сравнения и идентификации как возникающих изменений в защищаемых помещениях (при отсутствии ОФПВ), так и момента окончания процесса подавления ОФПВ, при котором контроллер отключает МСВ [5,6].

Применение GSM-радиомодема (5), подключаемого через порт ввода-вывода (3.10), позволяет реализовать передачу данных о потреблении вычисленных контроллером (3) «качественных ресурсов», регистрируемых АЦП (3.2) с коммутатором каналов (3.1) или получаемых от внешних счетчиков, а именно:

- электроэнергии соответствующей ПКЭ,
- горячей воды по счетчику (6) со «справедливой оплатой» в соответствии с фактическим диапазоном температуры, подключенного через порт ввода-вывода (3.9),
- холодной воды по счетчику (7) через тот же порт ввода-вывода (3.9),
- бытового газа по счетчику газа (8), подключенного через порт ввода-вывода (3.8).

Передача данных осуществляется контроллером (3) в соответствующие снабжающие организации или/и управляющие компании через GSM-радиомодем (5), подключаемый через порт ввода-вывода (3.10).

Контроллер (3) через ЖКИП-модуль (10) и GSM-радиомодем (5) реализует следующие типы тревожных сигналов и алгоритмы их функционирования:

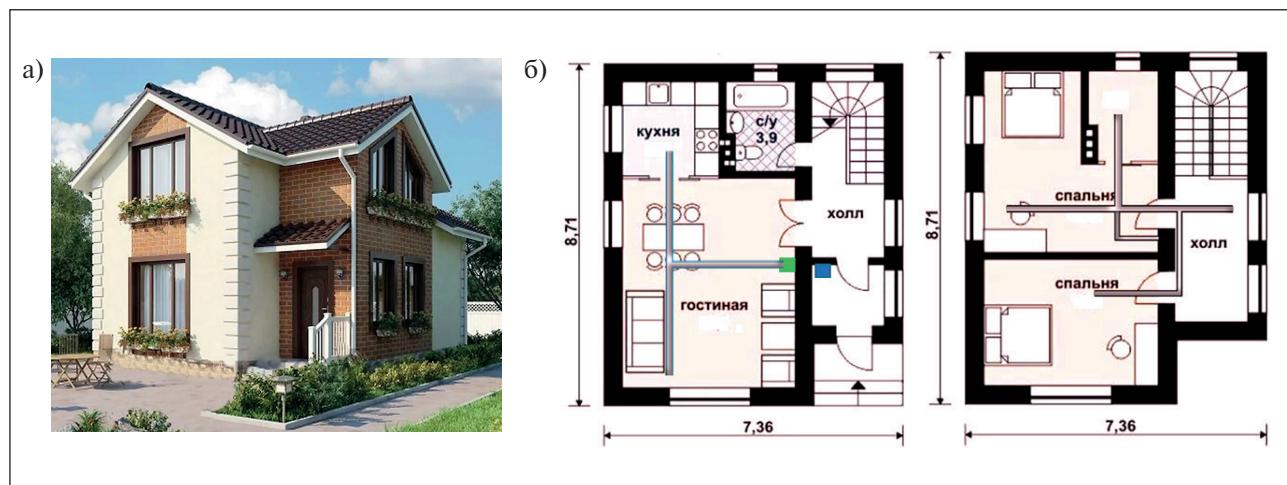


Рис.8. Индивидуальный жилой дом (а) и планировки этажей с ЭГВСИП и ТМСВ (б, в)

- звуковые и светодиодные мигающие сигналы оповещения по видам ОФПВ или аварии в месте расположения ЭГВСИП (утечка бытового газа, пожароопасный диапазон потребления электроэнергии, отключение электроэнергии, воды и т.д.), которые можно отключить кнопкой «сброс оповещения», если кто-то из лиц, находящихся в защищаемых помещениях, смог принять меры по ликвидации ОФПВ или аварии, при этом SMS-сообщение владельцу защищаемых помещений и управляющей компании будет отправлено в обязательном порядке;
- звуковые и светодиодные мигающие сигналы оповещения по видам ОФПВ в месте расположения ЭГВСИП и передачу SMS-сообщения с сохранением квитанции его доставки в памяти при отсутствии через установленный интервал времени «сброса оповещения» (отсутствия лиц в защищаемых помещениях или недостаточностью принятых мер после первого «сброса»), при утечке бытового газа — в газоаварийную службу и владельцу, в управляющую компанию и владельцу, при пожароугрозе в диапазоне потребления/ отключения электроэнергии — в энергонадзор, в энергосбытовую организацию, в управляющую компанию и владельцу, при пожаре (загорание плюс эвакуация) — в пожарную охрану, в управляющую компанию и владельцу.

Легко видеть, что использование ТМСВ вместо МСВ в квартире или в индивидуальном жилом доме происходит аналогичным образом [6].

Принципиальным отличием применения ЭГВСИП при этом является наличие в нем датчика кислорода, что позволяет контролировать его концентрацию как при отсутствии ОФПВ, так и после их обнаружения и включения МСВ или ТМСВ для их подавления [4, 10].

Представляются перспективными дальнейшие исследования и эксперименты по дополнению ЭГВСИП сенсором на углекислый газ, который также входит в ОФП (табл. 1), но не столько для их обнаружения [4], сколько для мониторинга среды обитания в квартире/индивидуальном жилом доме на предмет создания оптимальных условий жизнедеятельности, включая контроль и управление отоплением [13, 14], а также вентиляцией и кондиционированием воздуха с учетом энергосбережения и самоорганизации безопасной жизнедеятельности [12, 15].

С точки зрения эффективности использования МСВ [16], в т.ч. мобильных мембранных установок различной производительности [17], представляется интересной практика ООО «Краснодарского компрессорного завода» [18] по оказанию услуг по применению атмосферного азота предприятиям и организациям угледобывающей [19] и нефтегазовой отраслей [20], в т.ч. на труднодоступных объектах [21].

Дело в том, что и за рубежом, и в нашей стране для противопожарной защиты различных объектов, в т.ч. многоквартирных и высотных жилых зданий, используют так называемые сухотрубы, которые представляют собой систему противопожарного водоснабжения, устанавливаемую для больших площадей и где уместно держать водопровод пустым в целях экономии из-за технических возможностей или если огнетушащий состав может замерзнуть, приведя к разрывам труб, что позволяет быстро, без прокладки рукавных линий подать воду от прибывшего пожарного автомобиля. При этом в обязательном порядке сухотрубы устанавливаются [22, 23]:

- в многоэтажных жилых домах высотой от 36 до 50 м или до 75 м с пожарными кранами в шкафах на каждом этаже;

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- в многофункциональных зданиях высотой до 50 м с пожарными кранами (библиотеки, административные строения, гостиницы, больницы);
- с запорными вентилями на чердачах и лестничных пространствах в двухэтажных постройках V степени огнестойкости с 4-мя и более квартирами.

Принимая во внимание тенденцию строительства высотных жилых зданий с группировкой их в микрорайоны (рис. 9), возникает идея:

— во-первых, вместо установки в каждом доме МСВ вывести «воздушный» и «азотный» трубопроводы на фасад здания, как это делается для сухотрубов [23];

— во-вторых, укомплектовать пожарные части, которые охраняют такие микрорайоны, мобильными азотными установками (рис. 10), чтобы за счет раннего и достоверного обнаружения ОФП [10] при соизмеримых временах «запуска МСВ» и следования боевого расчета к объекту пожара в микрорайоне

сэкономить единовременные и текущие затраты на монтаж и эксплуатацию «десятков МСВ» в зданиях микрорайона.

Следует отметить, что ООО «Краснодарский компрессорный завод» совместно с Донским государственным техническим университетом в рамках Постановления Правительства РФ № 218 разработал в 2013 году проект постановки на производство сепараторов воздуха и выпуск стационарных и мобильных средств противопожарной защиты на их основе, который, однако, не нашел поддержки в указанном конкурсе [24].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате системного анализа проблем безопасной жизнедеятельности в жилом секторе (в квартирах жилых зданий, в индивидуальных жилых домах) городов и населенных пунктов регионов России выявлены принципиальные недостатки в организа-



Рис. 9. Микрорайон Левенцовский



Рис. 10. Азотная станция ТГА-5/10 (а) и пожарный автомобиль ККЗ (б)

ции и автоматизации учета потребляемых энергоресурсов (электроэнергии, газа, горячей и холодной воды) в жилом секторе.

На основе разработанного вероятностно-физического подхода в возникновении пожарно-энергетического вреда в жилом секторе при потреблении электроэнергии и газа осуществлен последовательный системный синтез способа и средств диагностики пожарно-энергетического вреда с нанотехнологиями его подавления с помощью электро-газо-счетчика-извещателя-подавителя (блока компенсации реактивной мощности и блока сепарации воздуха), которые совместно с мембранным или термомагнитным сепараторами воздуха обеспечивают пожаровзрывозащиту квартиры/индивидуального жилого дома.

Осуществлена оптимизация и автоматизация учета горячей и холодной воды, в результате которых разработана модель универсального электро-газо-водосчетчика-извещателя-подавителя (ЭГВСИП)

и схема его применения в квартирах многоэтажных жилых зданий и индивидуальных жилых домах.

Предлагаемый подход, по мнению авторов, призван «устранить беспорядок» в функционировании инженерных систем в многоквартирных зданиях и индивидуальных жилых домах, а также осуществить оптимальную автоматизацию жизнеобеспечения жилого сектора, независимо от структур ресурсоснабжающих/управляющих компаний и территориальных аварийных и надзорных служб.

Разработанный метод и ЭГВСИП позволяют в кратчайшие сроки реализовать его внедрение с помощью реинвестиционной модели системы адаптивного пожарно-энергетического налогообложения физических лиц в жилом секторе [6, 10, 11].

Проведенные исследования показали, что предлагаемый подход может быть реализован на объектах торговли, здравоохранения, образования, науки и культуры [2, 12, 24].

Статья «Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть I» опубликована в журнале «Нанотехнологии в строительстве» 2021, Том 13, № 2. [DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнеев В. Взрывы бытового газа в жилых домах в России в 2016 году. Досье // ТАСС: информационное агентство России. – 2016. – URL: <http://tass.ru/info/3727196>.
2. Белозеров В.В. О когнитивной модели управления безопасностью объектов с массовым пребыванием людей (по результатам экспертизы пожара рынка «Тургеневский») // Вопросы безопасности. – 2018. – № 5. – С. 35–62. – DOI: [10.25136/2409-7543.2018.5.27485](https://doi.org/10.25136/2409-7543.2018.5.27485).
3. Счетчики газа Гранд-SPI // Руководство по эксплуатации: ТУАС.407299.002 РЭ. – Ростов н/Д: ООО «Турбулентность Дон», 2015. – 24 с.
4. Белозеров В.В., Белозеров Вл.В., Долаков Т.Б., Никулин М.А., Олейников С.И. Нанотехнологии «интеллектуализации» учета энергоресурсов и подавления пожарно-энергетического вреда в инженерных системах жилых зданий. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 2. – С. 95–107. – DOI: [10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-2-95-107).
5. Долаков Т.Б., Олейников С.Н. Модель автоматизированной микросистемы учета энергоресурсов и пожаровзрывозащиты жилого сектора // Электроника и электротехника. – 2018. – № 2. – С. 48–72. – DOI: [10.7256/2453-8884.2018.2.26131](https://doi.org/10.7256/2453-8884.2018.2.26131).
6. Синергетика безопасности жизнедеятельности в жилом секторе: монография / В.В. Белозеров, Т.Б. Долаков, С.Н. Олейников, А.В. Периков. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. – 186 с. – DOI: [10.17513/pr.283](https://doi.org/10.17513/pr.283).
7. Ворошилов И.В., Мальцев Г.И., Кошаков А.Ю. Генератор азота // Патент РФ на изобретение № 2450857 от 24.08.2010.
8. Белозеров В.В., Босый С.И., Видецких Ю.А., Новакович А.А., Пирогов М.Г., Толмачев Г.Н. Способ термомагнитной сепарации воздуха и устройство для его осуществления // Патент РФ № 2428242 от 10.09.2011.
9. Счетчик воды // Гранд СВ ТЛМ: руководство по эксплуатации ТУАС.407212.001 РЭ. – Ростов н/Д: ООО «Турбулентность Дон», 2012. – 20 с.
10. Белозеров В.В., Денисов А.Н., Долаков Т.Б., Ворошилов И.В., Никулин М.А., Олейников С.Н., Белозеров Вл.В. Способ раннего и достоверного обнаружения опасных факторов пожара с подавлением пожарно-электрического вреда в жилых помещениях // Заявка на изобретение № 2021112049 от 27.04.2021.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

11. Белозеров В.В., Олейников С.Н. К вопросу об адаптивном пожарно-энергетическом налоге в обеспечении пожарной безопасности // Совершенствование теории и методологии финансов и налогообложения: мат-лы междунар. научно-практ. конф. Приволжский НИЦ. – Йошкар-Ола: «Коллоквиум». – 2012. – С. 106–111.
12. Белозеров В.В. Синергетика безопасной жизнедеятельности. – Ростов н/Д: Изд. ЮФУ, 2015. – 420 с.
13. Белозеров В.В., Долаков Т.Б., Белозеров В.В. О безопасности и перспективах электрообогрева в индивидуальных жилых домах // Современные научноемкие технологии. – 2017. – № 11. – С. 7–13.
14. Белозеров В.В., Серяченко М.В. Модель локальной автоматизированной системы управления тепловодоснабжением в жилом секторе // Актуальные проблемы науки и техники. 2020: мат-лы национальной научно-практической конференции / Отв. редактор Н.А. Шевченко. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2020. – С. 27–28.
15. Белозеров В.В. "Интеллектуальная" система вентиляции и кондиционирования воздуха в квартирах многоэтажных зданий и в индивидуальных жилых домах с нанотехнологиями защиты от пожаров и взрывов // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Т. 11, № 6. – С. 650–666. – DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666).
16. Ворошилов И.В., Мельник А.В., Шулейкин П.Б. Азот высокого давления для повышения нефтеотдачи пласта: станции ТГА нового поколения ставят рекорды энергоэффективности // Нефть. Газ. Новации. – 2020. – № 10(239). – С. 41–46.
17. Ворошилов И.В., Анисимов К.В., Шулейкин П.Б. Применение азотных компрессорных станций ТЕГАС в нефтедобывающей промышленности // Сфера. Нефть и Газ. – 2018. – № 6 (68). – С. 92–94.
18. Ворошилов И.В., Калюжная Ю.С. ТЕГАС: Аренда компрессорных станций – устоявшийся тренд // Бурение и нефть. – 2014. – № 9. – С. 79–80.
19. Ворошилов И.В., Владыкин Д.В. Перспективные способы добычи метана из угольных пластов, обеспечение безопасности труда шахтеров // Уголь. – 2008. – № 6 (986). – С. 22–23.
20. Ворошилов И.В., Копачев Д.Н., Калюжная Ю.С. Применение компрессорной и газоразделительной техники «ТЕГАС» в нефтесервисе // Бурение и нефть. – 2014. – № 5. – С. 59–60.
21. Ворошилов И.В. Передвижные азотные компрессорные станции ТГА – оперативное обеспечение труднодоступных объектов сжатым азотом // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – № 4 (22). – С. 74–75.
22. СП 8.13130 «Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности» / Утв. Приказом МЧС России от 30.03.2020 № 225.
23. СП 10.13130 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования» / Утв. Приказом МЧС России от 27.07.2020 № 559.
24. Ворошилов И.В., Месхи Б.Ч., Прилуцкий А.И. Разработка и постановка на производство сепараторов воздуха и выпуск средств противопожарной защиты на их основе (проект № 2013-218-04-023) // Электроника и электротехника. – 2016. – № 1. – С. 21–71. – DOI: [10.7256/2453-8884.2016.1.21034](https://doi.org/10.7256/2453-8884.2016.1.21034).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Белозеров Валерий Владимирович**, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Системы автоматизированного контроля» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6999-7804>, e-mail:safeting@mail.ru

**Ворошилов Игорь Валерьевич**, к.ф.-м.н., генеральный директор ООО «Краснодарский компрессорный завод», г. Краснодар, Россия, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-6546-1700>, e-mail: gendir@kkzav.ru

**Денисов Алексей Николаевич**, д.т.н., профессор кафедры пожарной тактики ФГБОУ ВО «Академия ГПС» МЧС России, г. Москва, Россия, ORCID:<http://orcid.org/0000-0003-2594-9389>, e-mail: dan\_aleks@mail.ru

**Никулин Михаил Александрович**, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Государственный Аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7756-3456>, e-mail:pojar\_2003@mail.ru

**Олейников Сергей Николаевич**, к.т.н., зам. начальника факультета подготовки научно-педагогических кадров, Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Россия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7449-2464>, e-mail:osn-fire@bk.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 15.03.2021.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 04.04.2021.

Статья принята к публикации: 08.04.2021.



## Technological innovation and the emergence of a new interdisciplinary field – Management Analytics

Y. Lu 

University of Central Oklahoma, Edmond, USA

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

**ABSTRACT:** The **Introduction** argues that interdisciplinary research relies on shared knowledge. When knowledge is shared, a fundamental shift can occur over time, and a new interdisciplinary field can emerge. For example, nanoscience, quantum computation emerges as interdisciplinary fields that eventually grew to become their own disciplines. **Main part.** The article provides a review of extant papers on management analytics. The field of management analytics is a newly developing interdisciplinary field that is attracting more and more attention. In this study, overall, 201 papers were examined. The results show that the field of management analytics is emerging. Two main aspects of the field are investigated: application-based research and theory-based research. This study aims at providing a status of the area called Management Analytics for academia and practitioners. **Conclusion.** This paper focuses on the emerging interdisciplinary field called Management Analytics, based on an analysis of 201 published articles on the subject. For the first time, this study provides a comprehensive literature review of the emerging field of management analytics. The developing trends, characteristics, and related applications are introduced.

**KEY WORDS:** management analytics, big data analytics, business analytics, emerging interdisciplinary field.

**FOR CITATION:** Lu, Y. Technological innovation and the emergence of a new interdisciplinary field – Management Analytics. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 181–192. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-181-192.

### INTRODUCTION

Interdisciplinary research is one of the most predominant research approaches. Interdisciplinary research relies on shared knowledge. When knowledge is shared, a shift may occur over time, and a new interdisciplinary field can emerge. For example, nanoscience, nanotechnology [1–13], quantum computation all emerges as interdisciplinary fields that grow and develop. Management Analytics is an emerging interdisciplinary subject in which analytics interfacing with multiple sub-disciplines. Nanoscience is a subfield of physics dealing with measuring 1–100 nanometers. Nanotechnology requires technology management such as techno-economic management. Management Analytics may have its applications in technology management of nanotechnology.

### MAIN PART

#### The Analysis of the Extant Literature

##### Source of Publications on Management Analytics

Management analytics-related research is an interdisciplinary study that is not limited to the scope of a specific discipline. This study focuses on management analytics. The papers were retrieved from five major databases as Web of Science (WoS), Ei Compendex, Scopus, IEEExplore, and Inspec. The selected articles were distributed among five academic journals, seven conference proceedings, and one dissertation database. Specifically, the academic journals include the *Journal of Management Analytics*, *European Journal of Information Systems*,

*Journal of Business Logistics*, *Journal of Applied Research in Higher Education*, and *Indian Journal of Science and Technology*. The conference proceedings include the 2007 Winter Simulation Conference, Proceedings of 2014 IEEE Enterprise Systems Conference, 2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, 2019 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 27<sup>th</sup> European Conference on Operational Research, 46<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences, and International Conference on Convergent Cognitive Information Technologies. The dissertation database includes the Walden Dissertations and Doctoral Studies. The keywords “Management Analytics” were used to search for papers from the targeted sources published between 2000 and 2021.

In total, 188 papers were selected. The following figure (Fig. 1) shows the statistics of the papers’ distribution among these journals, conference proceedings, and dissertation databases. In which, *Journal of Management Analytics* has published the most articles. *Journal of Management Analytics* is the primary publication outlet for management analytics and attracts attention from readers and authors globally.

Judging from the papers’ publication and distribution, the study of management analytics is still in an early phase. Between 2007 and 2021, there are 188 published papers (Fig. 2). Since 2014, the number of documents started to increase. The overall trend shows that the publication number is rising, as Management Analytics is becoming more and more popular.

Among these 188 papers, this study categorizes these papers into two main categories, with reference information. One is management analytics in applications (Table 1). The other category is the theoretical development in management analytics (Table 2).

### History of Management Analytics

#### The Origin of Management Analytics

Management Analytics is interdisciplinary in which analytics interfacing with multiple sub-disciplines in business and other social science research areas. Sub-disciplines in business include accounting, finance, management, marketing, production/operations management, supply chain management; social science research areas

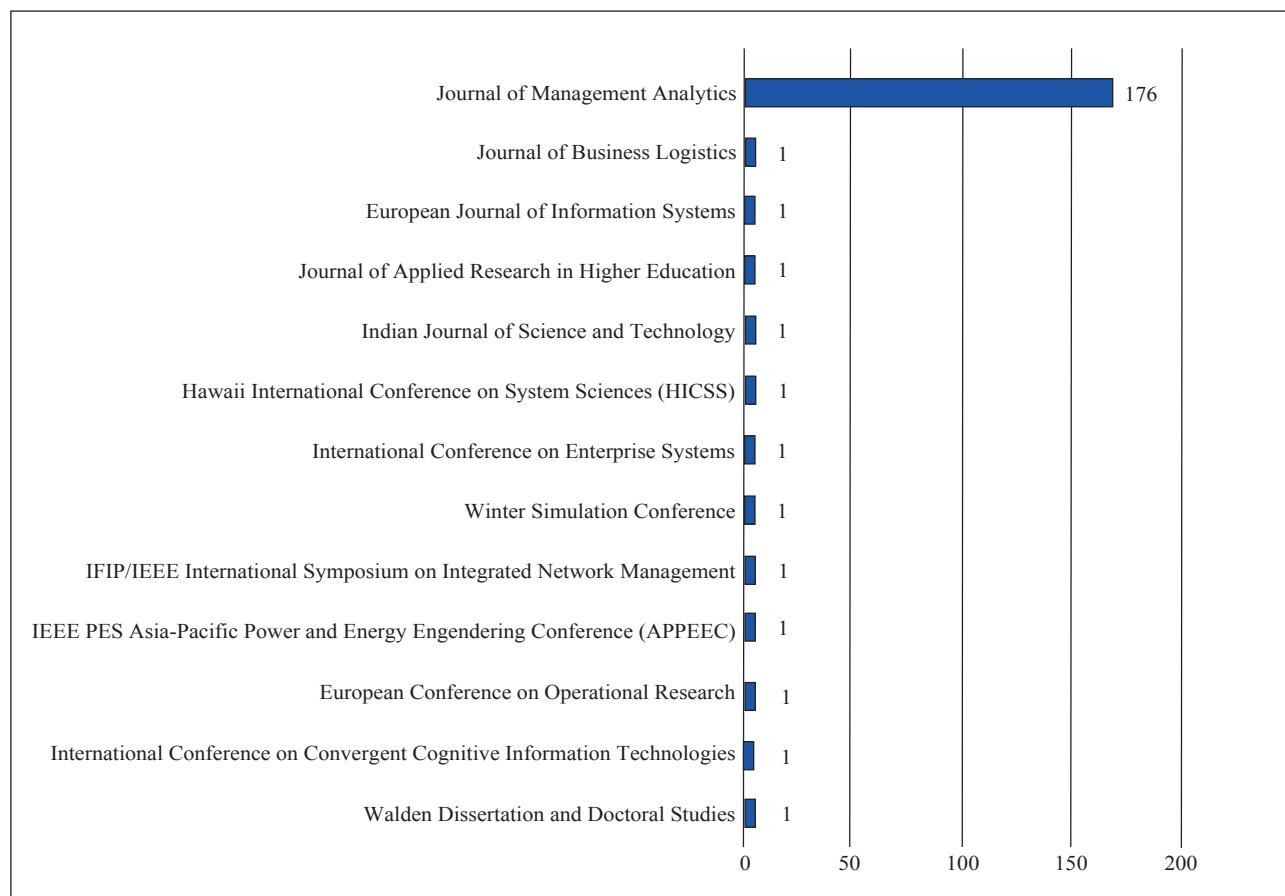


Fig. 1. The Distribution of Publications

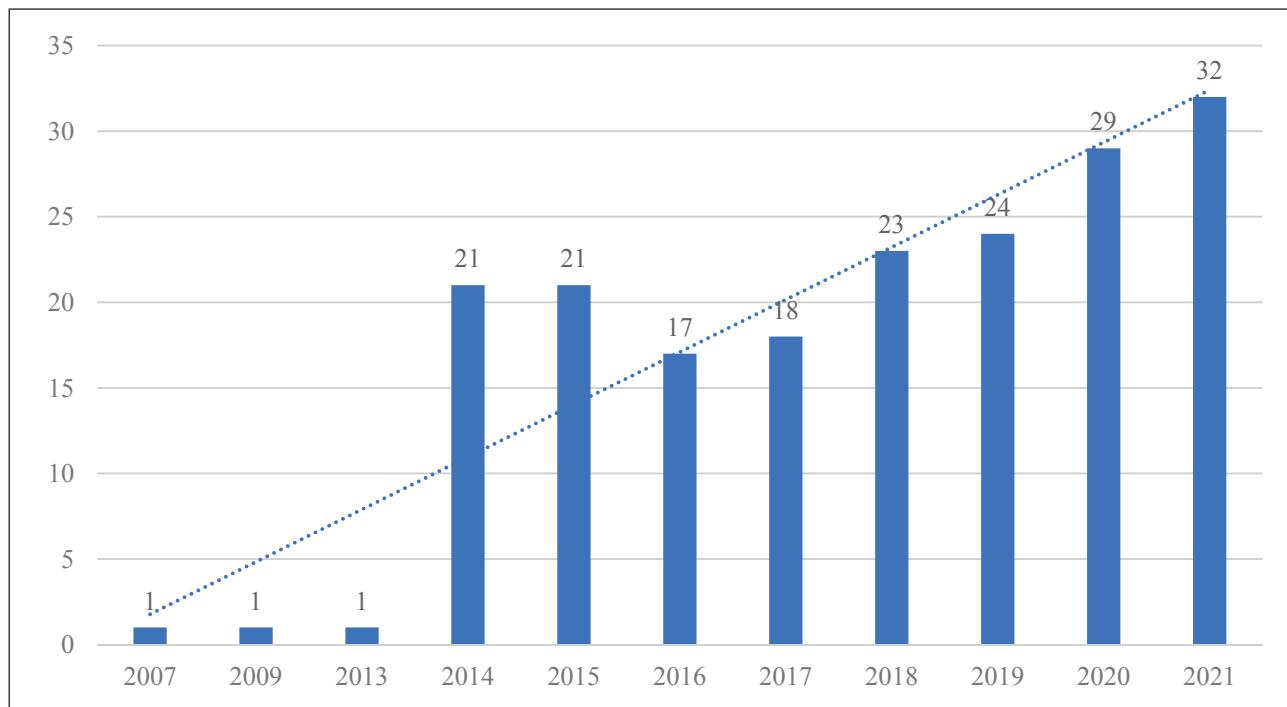


Fig. 2. Publication Trend by Year

**Table 1**  
Publications in the application of Management Analytics

Publications
15, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 9, 40, 42, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 83, 88, 90, 91, 93, 106, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133, 136, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 162, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 200, 201

**Table 2**  
Publications in theoretical development in Management Analytics

Publications
14, 16, 19, 20, 23, 27, 30, 36, 37, 38, 41, 43, 46, 47, 48, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 76, 78, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 120, 121, 122, 127, 128, 129, 130, 134, 135, 137, 140, 141, 146, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 166, 175, 184, 185, 186, 188, 196, 197, 198, 199

include energy policy research, healthcare cost analysis, healthcare policy making, IoT information security policy study, etc. In 2019, Haenlein et al. [68] wrote, “business and management analytics as a field is rapidly evolving.”

According to Peruzzini & Stjepandić [134], “The term ‘Management Analytics’ was coined at the beginning of 2014 when *Journal of Management Analytics* was initially launched. Management analytics are increasingly being embedded within key business processes. In the leading

companies, business is heavily dependent on analytics in the underlying technology and process infrastructure. In regard to enterprise diagnostics, the procedure and methodology have been developed to evaluate the performance of enterprise business processes, and main factors for the assessment include consumed resources, cost, durations of business processes, and information constraints (Kataev, Bulysheva, Emelyanenko, & Bi, 2016). Convincing through the benefits of the management ana-

lytics, the only problem with this broad-scale consensus is that many managers and organizations still lack the skills and understanding to make analytics work for them (Chen et al., 2016). Therefore, this is a tremendous driver for research and education. We observe a broad move in education. Educational institutions extend their offering in management analytics and provide corresponding studies (Lin, 2015). University of Toronto (2017) and Queens University (2017) have recently launched Master Program in Management Analytics.”

In 2021, Gurusinghe et al. wrote [66]: “Management analytics is a rapidly evolving field that can be used to achieve competitive differentiation in the market. The management analytics applications in different areas such as marketing, finance, accounting, supply chain management make a better impact on a firm’s business. To gain better accurate insights, management analytics is required to closely link with business strategies and embedded within key business processes. Human Resource Management (HRM) is a part of the management discipline and HR analytics is part of management analytics. However, HRM is a latecomer to the management analytics bandwagon.”

### Worldwide Educational Response about Management Analytics

Educational institutions have started offering programs in Management Analytics. The University of Toronto in Canada offers a Master of Management Analytics Program (<https://www.sgs.utoronto.ca/programs/management-analytics/>). This program’s overview is that Management Analytics involves understanding the factors influencing managerial decisions. It encompasses the

skills needed to extract insights from business data. The University of Mannheim in Germany offers a Master’s program in Management Analytics (Full-Time) (<https://www.mannheim-business-school.com/en/mba-master/master-in-management-analytics/>). Queens University in Canada offers a program called Master of Management Analytics ([https://smith.queensu.ca/grad\\_studies/mma/index.php](https://smith.queensu.ca/grad_studies/mma/index.php)).

MIT Sloan School of Management offers a course entitled Management Analytics: Decision-Making Lessons from the Sports Industry (<https://executive.mit.edu/course/management-analytics/a056g00000URaaKAAT.html>).

In the future, more education institutions are likely to offer more programs on Management Analytics at both the undergraduate and graduate levels.

### SUMMARY

It is evident that, since the launch of the *Journal of Management Analytics*, Management Analytics has been developed into a new subject for business and interdisciplinary study. Currently, master’s level education programs on Management Analytics have been launched by the leading universities worldwide, and job titles such as Management Analytics specialist have appeared on job markets. Furthermore, Management Analytics has penetrated other social science research areas.

This paper focuses on the emerging new interdisciplinary field of Management Analytics, based on an analysis of 188 published articles on the subject. The study, for the first time, provides a literature review on Management Analytics. The relevant publication outlets, the history of the subject, and the developing trends are introduced.

### REFERENCES

1. Ivanov L.A., Muminova S.R. New technical solutions in nanotechnology. Part 5. *Nanotechnologies in Construction*. 2016; 8(6): pp. 65–82. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2016-8-6-65-82](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-6-65-82).
2. Ivanov L.A., Muminova S.R. New technical solutions in nanotechnology. Part 4. *Nanotechnologies in Construction*. 2016; 8(5): 137–156. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2016-8-5-137-156](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-5-137-156).
3. Ivanov L.A., Muminova S.R. New technical solutions in nanotechnology. Part 2. *Nanotechnologies in Construction*. 2016; 8(3): 74–91. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2016-8-3-74-91.
4. Ivanov L.A., Muminova S.R. New technical solutions in nanotechnology. Part 1. *Nanotechnologies in Construction*. 2016; 8(2): 52–70. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2016-8-2-52-70](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-2-52-70).
5. Ivanov L.A., Muminova S.R. Nanotechnologies and nanomaterials: review of inventions. Part 1. *Nanotechnologies in Construction*. 2017; 9(1): 88–106. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106).
6. Ivanov LA., Razumeev K.E., Bokova E.S., Muminova S.R. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part V. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11 (6): 719–729. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729).

7. Ivanov LA., Prokopiev P.S. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part III. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11(3): 292–303. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-3-292-303).
8. Ivanov L.A., Demenev A.V., Muminova S.R. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11(2): 175–185. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185).
9. Ivanov LA., Borisova O.N., Muminova S.R. The inventions in nanotechnologies as practical solutions. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2019; 11(1): 91–101. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101).
10. Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Ishkov A.D., Muminova S.R. Nanotechnologies: are view of inventions and utility models. Part V. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(6): 331–338. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338).
11. Ivanov LA., Kapustin I.A., Borisova O.N., Pisarenko Zh.V. Nanotechnologies: a review of inventions and utility models. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2020; 12(2): 71–76. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76).
12. Ivanov L.A., Xu L.D., Bokova E.S., Ishkov A.D., Muminova S.R. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part I. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(1): 23–31. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31).
13. Ivanov L.A., Xu L.D., Pisarenko Zh.V., Wang Q., Prokopiev P.S. Inventions of scientists, engineers and specialists from different countries in the area of nanotechnologies. Part II. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(2): 79–89. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-2-79-89](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-2-79-89).
14. Abdirad M., Krishnan K., Gupta D. A two-stage metaheuristic algorithm for the dynamic vehicle routing problem in Industry 4.0 approach. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 69–83.
15. Achi A., Salinesi C., Viscusi G. Innovation capacity and the role of information systems: a qualitative study. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(4): 333–360.
16. Adak S., Mahapatra G.S. Two-echelon imperfect production supply chain with probabilistic deterioration rework and reliability under fuzziness. *Journal of Management Analytics*. 2021; 1–25. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1882347](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1882347).
17. Akman E., Karaman A. S., Kuzey C. Visa trial of international trade: evidence from support vector machines and neural networks. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 231–252.
18. Akpakpan N. E. *Analytic Extensions to the Data Model for Management Analytics and Decision Support in the Big Data Environment*. PhD Thesis. Walden Dissertations and Doctoral Studies. 2018.
19. Al-Refaie A. Examining factors affect supply chain collaboration in Jordanian organizations. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 317–337.
20. Amini A., Alimohammadi M. Toward equation structural modeling: an integration of interpretive structural modeling and structural equation modeling. *Journal of Management Analytics*. 2021; 1–22. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881927](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881927).
21. Anand A., Singhal S., Singh O. Optimal advertising duration for profit maximization. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 458–480.
22. Ao J., Liu Z. What impact entrepreneurial intention? Cultural, environmental, and educational factors. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 224–239.
23. Bajwa N., Fontem B., Sox C. R. Optimal product pricing and lot sizing decisions for multiple products with nonlinear demands. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 43–58.
24. Bansal G., Anand A., Aggrawal D. Modeling multi-generational diffusion for competitive brands: an analysis for telecommunication industries. *Journal of Management Analytics*. 2021; 1–26.
25. Bansal N., Sharma A., Singh R. K. Fuzzy AHP approach for legal judgement summarization. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 323–340.
26. Barth J. R., Herath H. S., Herath T. C., Xu, P. Cryptocurrency valuation and ethics: a text analytic approach. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 367–388.
27. Bendoly E. Fit, bias, and enacted sensemaking in data visualization: frameworks for continuous development in operations and supply chain management analytics. *Journal of Business Logistics*. 2016; 37(1): 6–17.
28. Bendre M. R., Thool V. R. Analytics, challenges and applications in big data environment: a survey. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 206–239.
29. Bi Z., Cochran D. Big data analytics with applications. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 249–265.
30. Bradbury J.D., Guadagno R.E. Enhanced data narratives. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 171–194.
31. Branger J., Pang Z. From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 314–332.

32. Carter E., Adam P., Tsakis D., Shaw S., Watson R., Ryan P. Enhancing pedestrian mobility in smart cities using big data. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 173–188.
33. Çelikbilek Y., Tüysüz F. An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 281–300.
34. Chanda U., Aggarwal R. Bayesian network on labour dissonance: A social sector development challenge to India. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 80–111.
35. Chanda U., Goyal P. A Bayesian network model on the interlinkage between Socially Responsible HRM, employee satisfaction, employee commitment and organizational performance. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 105–138.
36. Chanda U., Kumar A. Optimal ordering policy for short life-cycle products under credit financing with dynamic adoption in supply chain. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 269–301.
37. Chen C. H., Chou C. Y., Kan C. C. Simultaneous determination of manufacturer's process mean and production run length, and retailer's order quantity. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 59–79.
38. Chen C.H., Lo C.P., Kan C.C. Simultaneous settings of order quantity, wholesale price, production run length, process mean, and warranty period. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 174–188.
39. Chen H., Li L., Chen Y. Explore success factors that impact artificial intelligence adoption on telecom industry in China. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 36–68.
40. Chen H., Xie F. How technological proximity affect collaborative innovation? An empirical study of China's Beijing–Tianjin–Hebei region. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 287–308.
41. Chen Y., Chen H., Gorkhali A., Lu Y., Ma Y., Li L. Big data analytics and big data science: a survey. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 1–42.
42. Chi-Hsien K., Nagasawa S. Applying machine learning to market analysis: Knowing your luxury consumer. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 404–419.
43. Chong D., Shi H. Big data analytics: a literature review. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 175–201.
44. Chong, D., Shi, H., Fu, L., Ji, H., Yan, G. The impact of XBRL on information asymmetry: evidence from loan contracting. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 145–158.
45. Cui Q., Jiang W. Panel data study on the appropriate proportion of personal expenses in total health expenditure in China. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 18–31.
46. Das R., De P. K., Barman A. Pricing and ordering strategies in a two-echelon supply chain under price discount policy: a Stackelberg game approach. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi:10.1080/23270012.2021.1911697](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1911697).
47. Das S., Mishra S., Senapati M. Improving time series forecasting using elephant herd optimization with feature selection methods. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 113–133.
48. Dedić N., Stanier C. Measuring the success of changes to Business Intelligence solutions to improve Business Intelligence reporting. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 130–144.
49. Delcoure N., Carmona J. S. Enrollment management analytics: a practical framework. *Journal of Applied Research in Higher Education*. 2019; 11(4): 910–925.
50. Delen D., Dorokhov O., Dorokhova L., Dinçer H., Yüksel S. Balanced scorecard-based analysis of customer expectations for cosmetology services: a hybrid decision modeling approach. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 532–563.
51. Deleris L.A., Bagchi S., Kapoor S., Katircioglu K., Lam R., Buckley S. Simulation of adaptive project management analytics. In: *2007 Winter Simulation Conference*. 2007. p. 2234–2240. IEEE.
52. Demirkan S., Demirkan I., McKee A. Blockchain technology in the future of business cyber security and accounting. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 189–208.
53. de Souza Viana T. S., de Oliveira M., da Silva T. L. C., Falcão M. S. R., Gonçalves E. J. T. A message classifier based on multinomial Naïve Bayes for online social contexts. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 213–229.
54. Ding W., Song H. Financing the price-setting newsvendor with sales effort. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 564–590.
55. Duan L., Xiong Y. Big data analytics and business analytics. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 1–21.
56. Ebert D., Fisher B., Kantor P., Watters C. Introduction to Decision Support and Operational Management Analytics Minitrack. In: *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2013. p. 1484–1484. IEEE.
57. Fan Y. Research on factors influencing an individual's behavior of energy management: a field study in China. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 203–239.
58. Foroughi A., Yan G., Shi H., Chong D. A Web 3.0 ontology based on similarity: a step toward facilitating learning in the Big Data age. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 216–232.

59. Ganesan, S., Uthayakumar, R. EPQ models with bivariate random imperfect proportions and learning-dependent production and demand rates. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 134–170.
60. Geetha K. V., Prabha M. Effective inventory management using postponement strategy with fuzzy cost. *Journal of Management Analytics*, – 2021. – 1–29.
61. Ghosh P. K., Manna A. K., Dey J. K., Kar S. An EOQ model with backordering for perishable items under multiple advanced and delayed payments policies. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: doi: 10.1080/23270012.2021.1882348.
62. Giri B.C., Dash A. Optimal batch shipment policy for an imperfect production system under price-, advertisement- and green-sensitive demand. *Journal of Management Analytics*. 2021; Available from: doi: 10.1080/23270012.2021.1931495.
63. Gorkhali A., Li L., Shrestha A. Blockchain: a literature review. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 321–343.
64. Gu B., Jiang W., Tan C. W. Theme: embracing the Internet of Things to drive data-driven decisions. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 112–113.
65. Guo W., Straub D., Zhang P. A sea change in statistics: A reconsideration of what is important in the age of big data. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 241–248.
66. Gurusinghe R. N., Arachchige B. J., Dayarathna D. Predictive HR analytics and talent management: a conceptual framework. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 195–221.
67. Haenlein M., Kaplan A., Tan C. W., Zhang P. Journal of Management Analytics (Journal of Management Analytics): Special issue: artificial intelligence and management analytics. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 371–372.
68. Haenlein M., Kaplan A., Tan C. W., Zhang P. Artificial intelligence (AI) and management analytics. *Journal of Management Analytics*. 201; 6(4): 341–343.
69. Hassani H., Huang X., Silva E. Banking with blockchained big data. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 256–275.
70. He D., Yu K., Wu J. Industry characteristics, court location, and bankruptcy resolution. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 389–423.
71. Hosseini S. A decision support system based on machine learned Bayesian network for predicting successful direct sales marketing. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 295–315.
72. Hou H., Kataev M. Y., Zhang Z., Chaudhry S., Zhu H., Fu L., Yu M. An evolving trajectory—from PD, logistics, SCM to the theory of material flow. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 138–153.
73. Hou J., Zhao H., Zhao X., Zhang J. Predicting mobile users' behaviors and locations using dynamic Bayesian networks. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 191–205.
74. Hou J., Zhao X. Using a priority queuing approach to improve emergency department performance. *Journal of Management Analytics*; 2020; 7(1): 28–43.
75. Hou J., Zhao X., Zheng J. The impact of consistency between the emotional feature of advertising music and brand personality on brand experience. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 250–268.
76. Hoyland C. A., M. Adams K., Tolk A., D. Xu L. The RQ-Tech methodology: a new paradigm for conceptualizing strategic enterprise architectures. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 55–77.
77. Hu W., Hou Y., Tian L., Li Y. Selection of logistics distribution center location for SDN enterprises. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 202–215.
78. Huang H., Ruan Y., Shaikh A., Routray R., Tan C. H., Gopisetty S. Building end-to-end management analytics for enterprise data centers. In: *2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*. 2009. p. 661–675. IEEE.
79. Iaksch J., Fernandes E., Borsato M. Digitalization and Big data in smart farming—a review. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 333–349.
80. Ianuale N., Schiavon D., Capobianco E. Smart cities and urban networks: are smart networks what we need? *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 285–294.
81. Inegbedion H., Aghedo M. A model of vehicle replacement time with overloading cost constraint. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 350–370.
82. Jia H., Sheng Y., Han W., Wang X. S. Data access control in data exchanging supporting big data arena. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 155–169.
83. Jiang L., Li L., Cai H., Liu H., Hu J., Xie C. A linked data-based approach for clinical treatment selecting support. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 301–316.
84. Kang Y., Cai Z., Tan C. W., Huang Q., Liu H. Natural language processing (NLP) in management research: A literature review. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 139–172.

85. Karabağ O., Fadıloğlu M. M. Augmented Winter's method for forecasting under asynchronous seasonalities. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 19–35.
86. Khara B., Dey J. K., Mondal S. K. An inventory model under development cost-dependent imperfect production and reliability-dependent demand. *Journal of Management Analytics*, 2017; 4(3): 258–275.
87. Kim J. H. 6G and Internet of Things: a survey. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 316–332.
88. Kullaya Swamy A., Sarojamma B. Bank transaction data modeling by optimized hybrid machine learning merged with ARIMA. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 624–648.
89. Kumar A., Chanda U. Two-warehouse inventory model for deteriorating items with demand influenced by innovation criterion in growing technology market. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 198–212.
90. Kumar P., Singh R.K., Shankar R. Efficiency measurement of fertilizer-manufacturing organizations using Fuzzy data envelopment analysis. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 276–295.
91. Kuma P., Singh R. K., Sinha P. Optimal site selection for a hospital using a fuzzy extended ELECTRE approach. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 115–135.
92. Kurade S. S., Latpat R. Demand and deterioration of items per unit time inventory models with shortages using genetic algorithm. *Journal of Management Analytics*. 2020. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1829113](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1829113).
93. Lai C.T., Jackson P.R., Jiang W. Shifting paradigm to service-dominant logic via Internet-of-Things with applications in the elevators industry. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 35–54.
94. Law K.S., Chung F.L. Knowledge-driven decision analytics for commercial banking. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 209–230.
95. Levy R., Brodsky A., Luo J. Decision guidance framework to support operations and analysis of a hybrid renewable energy system. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(4): 285–304.
96. Li H., Mao S. Incentive equilibrium strategies of transboundary industrial pollution control under emission permit trading. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 107–134.
97. Li L., Wang B., Wang A. An emergency resource allocation model for maritime chemical spill accidents. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 146–155.
98. Lin Y., Zhang W. An incentive model between a contractor and multiple subcontractors in a green supply chain based on robust optimization. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 481–509.
99. Lipovetsky S. Express analysis for prioritization: Best–Worst Scaling alteration to System 1. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 12–27.
100. Liu F., Tan C.W., Lim E.T., Cho B. Traversing knowledge networks: an algorithmic historiography of extant literature on the Internet of Things (IoT). *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 3–34.
101. Liu G., Jiang R., Shao X. Coordinating contingent assistance of lateral suppliers under disruption. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 135–153.
102. Liu J., Kang N., Man Y. Evidence fusion theory in healthcare. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 276–286.
103. Lu Y. Blockchain and the related issues: a review of current research topics. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 231–255.
104. Lu Y. Artificial intelligence: a survey on evolution, models, applications and future trends. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 1–29.
105. Lu Y., Ning X. A vision of 6G–5G's successor. *Journal of Management Analytics*, - 2020; 7(3): 301–320.
106. Ma Q., Jin J., Xu Q. The evidence of dual conflict in the evaluation of brand extension: an event-related potential study. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 42–54.
107. Ma Y., Chen G., Wei Q. A novel business analytics approach and case study—fuzzy associative classifier based on information gain and rule-covering. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 1–19.
108. Maiti A.K. Multi-item fuzzy inventory model for deteriorating items in multi-outlet under single management. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 44–68.
109. Maiti A.K. Cloudy fuzzy inventory model under imperfect production process with demand dependent production rate. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1866696](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1866696).
110. Malhotra D., Rishi O.P. A comprehensive review from hyperlink to intelligent technologies based personalized search systems. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 365–389.
111. Mallick R.K., Manna A.K., Mondal S.K. A supply chain model for imperfect production system with stochastic lead time demand. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 309–333.
112. Man Y., Huang W., Zhao W., Jiang W. Investment decisions for improving quality along supply chains. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 240–257.

113. Manna A.K., Das B., Dey J.K., Mondal S.K. Multi-item EPQ model with learning effect on imperfect production over fuzzy-random planning horizon. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 80–110.
114. Mazurek G., Małagocka K. Perception of privacy and data protection in the context of the development of artificial intelligence. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 344–364.
115. Medalla M.E.F., Yamagishi K.D., Tiu A.M.C., Tanaid R.A.B., Abellana D.P.M., Caballes S.A.A., Ocampo L.A. Relationship mapping of consumer buying behavior antecedents of secondhand clothing with fuzzy DEMATEL. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1870878](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1870878).
116. Mohammadi S.S., Azar A., Ghatari A.R., Alimohammadlou M. A model for selecting green suppliers through interval-valued intuitionistic fuzzy multi criteria decision making models. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881926](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881926).
117. Mohanty M., Shankar R. A hierarchical analytical model for performance management of integrated logistics. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 173–208.
118. Mohanty S., Padhy S. A novel OFS–TLBO–SVR hybrid model for optimal budget allocation of government schemes to maximize GVA at factor cost. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 32–53.
119. Movahedisaveji M.M., Shaukat B. Mediating role of brand app trust in the relationship between antecedents and purchase intentions-Iranian B2C mobile apps. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 69–104.
120. Nabhani F., Uhl C., Kauf F., Shokri A. Supply chain process optimisation via the management of variance. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 136–153.
121. Nagpal G., Chanda U. Optimal inventory policies for short life cycle successive generations' technology products. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881922](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881922).
122. Namdeo A., Khedlekar U.K., Singh P. Discount pricing policy for deteriorating items under preservation technology cost and shortages. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 649–671.
123. Narayanan P., Verhagen W. J., Dhanisetty V. V. Identifying strategic maintenance capacity for accidental damage occurrence in aircraft operations. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 30–48.
124. Negi R. Experience in Asset Performance Management Analytics for decision support on Transmission & Distribution Assets. *2019 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*. 2019. p. 1–6.
125. Ocampo L.A. Fuzzy analytic network process (FANP) approach in formulating infrastructural decisions of sustainable manufacturing strategy. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 266–284.
126. Ocampo L.A., Vasnani N.N., Chua F.L. S., Pacio L.B.M., Galli B.J. A bi-level optimization for a make-to-order manufacturing supply chain planning: a case in the steel industry. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1871431](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1871431).
127. Palanivel M., Priyan S., Uthayakumar R. An inventory model with finite replenishment, probabilistic deterioration and permissible delay in payments. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 254–279.
128. Palanivel M., Suganya M. Partial backlogging inventory model with price and stock level dependent demand, time varying holding cost and quantity discounts. *Journal of Management Analytics*. 2021; Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1887771](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1887771).
129. Palanivel M., Sundararajan R., Uthayakumar R. Two-warehouse inventory model with non-instantaneously deteriorating items, stock-dependent demand, shortages and inflation. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 152–173.
130. Palanivel M., Uthayakumar R. An EPQ model with variable production, probabilistic deterioration and partial backlogging under inflation. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 200–223.
131. Pan, S. L., Li, M., Pee, L. G., Sandeep, M. S. Sustainability Design Principles for a Wildlife Management Analytics System: An Action Design Research. *European Journal of Information Systems*. 2020. Available from: [doi: 10.1080/0960085X.2020.1811786](https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1811786).
132. Panigrahi B.K., Nath T.K., Senapati M.R. An application of local linear radial basis function neural network for flood prediction. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 67–87.
133. Papademetriou R. *A software tool for teaching management analytics in engineering courses*. In: 27th European Conference on Operational Research. 2015. Available from: <https://www.euro-online.org/web/pages/420/last-activity-reports>.
134. Peruzzini M., Stjepandić J. Editorial to the special issue “Transdisciplinary analytics in supply chain management”. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 75–80.
135. Petrenko S., Makoveichuk K., Olifirov A. New methods of the cybersecurity knowledge management analytics. In: *International Conference on Convergent Cognitive Information Technologies*. 2018. p. 296–310. Springer, Cham.
136. Pinheiro R. L., Landa-Silva D., Qu R., Constantino A.A., Yanaga E. An application programming interface with increased performance for optimisation problems data. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(4): 305–332.

137. Polimenis V., Neokosmidis I. The global financial crisis and its transmission to Asia Pacific. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 266–284.
138. Pradhan K., Chawla P. Medical Internet of things using machine learning algorithms for lung cancer detection. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 591–623.
139. Prakash J., Chin J. F. Effects of inventory classifications on CONWIP system: a case study. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 296–320.
140. Priyan S., Palanivel M., Uthayakumar R. Two-echelon production-inventory system with fuzzy production rate and promotional effort dependent demand. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 72–92.
141. Qabajeh I., Thabtah F., Chiclana F. A dynamic rule-induction method for classification in data mining. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 233–253.
142. Qiao J., Yang Z. Mechanism of R&D network formation based on a network embeddedness game model. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 154–174.
143. Rajini G., Sangamaheswary D.V. An emphasize of customer relationship management analytics in telecom industry. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016; 9(32): 1–5.
144. Rehman H. U., Wan G., Ullah A., Shaukat B. Individual and combination approaches to forecasting hierarchical time series with correlated data: an empirical study. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 231–249.
145. Rouhani S., Rotbei S., Shamizanjani M. Meta-synthesis of big data impacts on information systems development. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 182–201.
146. Sachdeva N., Kapur P.K., Singh O. An innovation diffusion model for consumer durables with three parameters. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 240–265.
147. Santos M.Y., Martinho B., Costa C. Modelling and implementing big data warehouses for decision support. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 111–129.
148. Shahi S. K., Dia M. Comparison of Ontario's roundwood and 2017 recycled fibre pulp and paper mills' performance using data Envelopment analysis. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 222–251.
149. Sharbini H., Sallehuddin R., Haron H. Crowd evacuation simulation model with soft computing optimization techniques: a systematic literature review. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881924](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881924).
150. Sharma S. K., Chanda U. Developing a Bayesian belief network model for prediction of R&D project success. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 321–344.
151. Shen X., Jiang, W. Multivariate normal spatial scan statistic for detecting the most severe cluster of a disease. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 130–145.
152. Shi H., Chong D., Yan G., He W. A semantic query-based approach for management decision-making. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 53–71.
153. Shi H., Ma, Z., Chong D., He W. The impact of Facebook on real estate sales. *Journal of Management Analytics*. 2020; 8(1): 101–112.
154. Sokolova M.V., Gómez F.J., Borisoglebskaya L.N. Migration from an SQL to a hybrid SQL/NoSQL data model. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 1–11.
155. Solomon S., Ellegood W. A., Pannirselvam G., Riley J. A decision support model for supplier portfolio selection in the retail industry. *Journal of Management Analytics*. 2021; Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1882349](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1882349).
156. Sousa S., Rodrigues N., Nunes E. Evolution of process capability in a manufacturing process. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 95–115.
157. Srinivasa K. G., Anupindi S., Kumar A. Analytics on medical records collected from a distributed system deployed in the Indian rural demographic. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 54–72.
158. Srivastava P. R., Sharma S., Kaur S. Data mining-based algorithm for assortment planning. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 443–457.
159. Sundara Rajan R., Uthayakumar R. Analysis and optimization of an EOQ inventory model with promotional efforts and back ordering under delay in payments. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 159–181.
160. Sundararajan R., Prabha M., Jaya R. An inventory model for non-instantaneous deteriorating items with multivariate demand and backlogging under inflation. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 302–322.
161. Sundararajan R., Vaithyasubramanian S., Nagarajan A. Impact of delay in payment, shortage and inflation on an EOQ model with bivariate demand. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 267–294.
162. Tan C.W., Jiang W., Gu B. Guest Editorial: Special issue on embracing the Internet of Things to drive data-driven decisions. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 1–2.
163. Tang J., Yan C., Fung R.Y. Optimal appointment scheduling with no-shows and exponential service time considering overtime work. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 99–129.

164. Teixeira C., Lopes I., Figueiredo M. Classification methodology for spare parts management combining maintenance and logistics perspectives. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 116–135.
165. Tung K. AI. The internet of legal things, and lawyers. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 390–403.
166. Ullah A., Jiang W. Optimal periodic replacement policy for a warranted product subject to multi modes failure process. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 154–172.
167. Ullah Ibne Hossain N., Nagahi M., Jaradat R., Stigus E., Keating, C.B. The effect of an individual's education level on their systems skills in the system of systems domain. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 510–531.
168. Vafeiadis T., Dimitriou N., Ioannidis D., Wotherspoon T., Tinker G., Tzovaras D. A framework for inspection of dies attachment on PCB utilizing machine learning techniques. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 81–94.
169. Vaghefi I., Lapointe L., Shahbaznezhad H. A multilevel process view of organizational knowledge transfer: enablers versus barriers. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 1–17.
170. Verma N., Malhotra D., Singh J. Big data analytics for retail industry using MapReduce-Apriori framework. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 424–442.
171. Verma N., Singh J. A comprehensive review from sequential association computing to Hadoop-MapReduce parallel computing in a retail scenario. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(4): 359–392.
172. Voltolini R., Vasconcelos K., Borsato M., & Peruzzini M. Product development cost estimation through ontological models – a literature review. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 209–229.
173. Wang X., Chen X., Bi Z. Support vector machine and ROC curves for modeling of aircraft fuel consumption. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 22–34.
174. Wang, Y., Ji, W., Chaudhry, S. S. A hybrid approach for the evaluation of supermarket food safety. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 156–167.
175. Wei C., Li Z., Zou Z. Ordering policies and coordination in a two-echelon supply chain with Nash bargaining fairness concerns. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 55–79.
176. Wipulanusat W., Panuwatwanich K., Stewart R. A., Arnold S. L., Wang J. Bayesian network revealing pathways to workplace innovation and career satisfaction in the public service. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 253–280.
177. Xiao Z., Lin Z., Li S. Expected return, time-varying risk, and hedging demand in the US REITs market. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 78–98.
178. Xu B., Li L., Hu D., Wu B., Ye C., Cai H. Healthcare data analysis system for regional medical union in smart city. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 334–349.
179. Xu B., Xu K., Fu L., Li L., Xin W., Cai H. Healthcare data analytics: Using a metadata annotation approach for integrating electronic hospital records. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 136–151.
180. Xu, Y., Park, Y. S., Park, J. D., Cho, W. Evaluating the environmental efficiency of the US airline industry using a directional distance function DEA approach. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 1–18.
181. Yan G., He W., Shi H., Rawat D.B. Applying a bilingual model to mine e-commerce satisfaction sentiment. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 285–300.
182. Yan H., Xu L. D., Bi Z., Pang Z., Zhang J., Chen Y. An emerging technology—wearable wireless sensor networks with applications in human health condition monitoring. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 121–137.
183. Yang J., Yu K. The role of an integrated logistics and procurement service offered by a 3PL firm in supply chain. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 49–66.
184. Yang M., Wan G., Zheng E. A predictive DEA model for outlier detection. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 20–41.
185. Yang Z., Kong P., Li B., Chao B. A compartment model and numerical analysis of circulatory economy. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 88–105.
186. Ye J. Entropy measures of simplified neutrosophic sets and their decision-making approach with positive and negative arguments. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 252–260.
187. Yu H., Wang P., Zheng H., Luo J., Liu J. Impacts of congestion on healthcare outcomes: an empirical observation in China. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 344–366.
188. Yu K., He D. The choice between bankruptcy liquidation and bankruptcy reorganization: a model and evidence. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 170–197.
189. Yu Y., Madiraju S. Enterprise Application Transformation Strategy and Roadmap Design: A Business Value Driven and IT Supportability Based Approach. In: *2014 Enterprise Systems Conference*. 2014. p. 66–71.
190. Yu Y., Madiraju S. Enterprise Application Transformation Strategy and Roadmap Design: A Business Value Driven and IT Supportability-Based Approach. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 111–120.

191. Zelenkov Y. Critical regular components of IT strategy: Decision making model and efficiency measurement. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 95–110.
192. Zhang S., Hingle A. The evolution of news and media website design: trend analysis of rich media, social sharing, and ad placements. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(4): 345–358.
193. Zhang W., Xiang Y., Liu X., Zhang P. Domain ontology development of knowledge base in cardiovascular personalized health management. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 420–455.
194. Zhang Z., Jasimuddin S. M. A model-based analysis for mobile knowledge management in organizations. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 35–52.
195. Zhang Z., Zhang P. Seeing around the corner: an analytic approach for predictive maintenance using sensor data. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 333–350.
196. Zhao J.L., Fan S., Hu D. Business challenges and research directions of management analytics in the big data era. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 169–174.
197. Zhao X., Hou J. Analyzing the time buffer in the Theory of Constraints based lean operations. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 185–199.
198. Zheng Z. Introduction to big data analytics and the special issue on big data methods and applications. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 281–284.
199. Zhou S., Wan G., Zhang P., Li Y. Optimal quality level, order quantity and selling price for the retailer in a two-level supply chain. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 175–184.
200. Zhou S., Zhan, Y. A new method for performance evaluation of decision-making units with application to service industry. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 84–100.
201. Zou H., Chen H. M., Dey S. Exploring user engagement strategies and their impacts with social media mining: the case of public libraries. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 295–313.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Yang Lu**, PhD, Assistant Professor of Department Information Systems and Operations Management, University of Central Oklahoma, Edmond, OK 73012, USA, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8400-3983>, e-mail: ziiyuu@gmail.com

#### Author declare the absence of any competing interests.

*Received: 11.05.2021.*

*Revised: 04.06.2021.*

*Accepted: 08.06.2021.*



## Технологические инновации и возникновение новой междисциплинарной области – аналитики менеджмента

Я. Лу 

Университет Центральной Оклахомы, Эдмонд, США

\*Контакты: e-mail: ziiyuu@gmail.com

**РЕЗЮМЕ:** Во **введении** обосновывается тот факт, что междисциплинарные исследования основываются на общезвестных знаниях. Когда знание доступно каждому, то с течением времени может произойти фундаментальный сдвиг и возникнуть новая междисциплинарная область. Например, нанонаука и квантовые вычисления возникли как междисциплинарные области, которые в конечном итоге оформились в самостоятельные дисциплины. **Основная часть.** В статье приведен обзор современных материалов, посвященных аналитике менеджмента. Аналитика менеджмента – это новая развивающаяся междисциплинарная область, которой уделяется все больше и больше внимания. В данном исследовании была изучена в общей сложности 201 статья. Результат демонстрирует тот факт, что аналитика менеджмента находится в процессе становления. Анализировались два главных аспекта данной области: практикоориентированное и теоретическое исследования. Цель данной работы – определение положения аналитики менеджмента в деятельности научных сотрудников и практиков.

**Заключение.** В статье, посвященной новой междисциплинарной области аналитики менеджмента, приводится анализ 201 печатной работы по данной теме. Впервые приведен обзор обширного списка источников информации. Приводятся современные тренды, характеристики и связанные с ними сферы применения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** аналитика менеджмента, большие данные, бизнес-аналитика, междисциплинарная область.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Лу Я. Технологические инновации и возникновение новой междисциплинарной области – аналитики менеджмента // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 181–192. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-181-192.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Л.А., Муминова С.Р. Новые технические решения в области нанотехнологий. Часть 5 // Нанотехнологии в строительстве. – 2016. – Том 8, № 6. – С. 65–82. – DOI: 10.15828/2075-8545-2016-8-6-65-82.
2. Иванов Л.А., Муминова С.Р. Новые технические решения в области нанотехнологий. Часть 4 // Нанотехнологии в строительстве. – 2016. – Том 8, № 5. – С. 137–156. – DOI: 10.15828/2075-8545-2016-8-5-137-156.
3. Иванов Л.А., Муминова С.Р. Новые технические решения в области нанотехнологий. Часть 2 // Нанотехнологии в строительстве. – 2016. – Том 8, № 3. – С. 74–91. – DOI: 10.15828/2075-8545-2016-8-3-74-91.
4. 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.
5. Иванов Л.А., Муминова С.Р. Нанотехнологии и наноматериалы: обзор новых изобретений. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – Том 9, № 1. – С. 88–106. – DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106.
6. Иванов Л.А., Разумеев К.Э., Бокова Е.С., Муминова С.Р. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть V // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 719–729. – DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-719-729.
7. 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.

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

8. Иванов Л.А., Деменев А.В., Муминова С.Р. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 2. – С. 175–185. – DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-2-175-185).
9. Иванов Л.А., Борисова О.Н., Муминова С.Р. Изобретения в области нанотехнологий, направленные на решение практических задач. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Том 11, № 1. – С. 91–101. – DOI: [10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2019-11-1-91-101).
10. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Ишков А.Д., Муминова С.Р. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть V // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 6. – С. 331–338. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-6-331-338).
11. Иванов Л.А., Капустин И.А., Борисова О.Н., Писаренко Ж.В. Изобретения, основанные на использовании нанотехнологий, позволяют получить принципиально новые технические результаты. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 2. – С. 71–76. – DOI: [10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2020-12-2-71-76).
12. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Бокова Е.С., Ишков А.Д., Муминова С.Р. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть I // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 1. – С. 23–31. – DOI: [10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-1-23-31).
13. Иванов Л.А., Сюй Л.Д., Писаренко Ж.В., Ванг Ц., Прокопьев П.С. Изобретения ученых, инженеров и специалистов из разных стран в области нанотехнологий. Часть II // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 2. – С. 79–89. – DOI: [10.15828/2075-8545-2021-13-2-79-89](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2021-13-2-79-89).
14. Abdirad M., Krishnan K., Gupta D. A two-stage metaheuristic algorithm for the dynamic vehicle routing problem in Industry 4.0 approach. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 69–83.
15. Achi A., Salinesi C., Viscusi G. Innovation capacity and the role of information systems: a qualitative study. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(4): 333–360.
16. Adak S., Mahapatra G.S. Two-echelon imperfect production supply chain with probabilistic deterioration rework and reliability under fuzziness. *Journal of Management Analytics*. 2021; 1–25. Available from: doi: [10.1080/23270012.2021.1882347](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1882347).
17. Akman E., Karaman A. S., Kuzey C. Visa trial of international trade: evidence from support vector machines and neural networks. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 231–252.
18. Akpakpan N. E. *Analytic Extensions to the Data Model for Management Analytics and Decision Support in the Big Data Environment*. PhD Thesis. Walden Dissertations and Doctoral Studies. 2018.
19. Al-Refaie A. Examining factors affect supply chain collaboration in Jordanian organizations. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 317–337.
20. Amini A., Alimohammadi M. Toward equation structural modeling: an integration of interpretive structural modeling and structural equation modeling. *Journal of Management Analytics*. 2021; 1–22. Available from: doi: [10.1080/23270012.2021.1881927](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881927).
21. Anand A., Singhal S., Singh O. Optimal advertising duration for profit maximization. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 458–480.
22. Ao J., Liu Z. What impact entrepreneurial intention? Cultural, environmental, and educational factors. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 224–239.
23. Bajwa N., Fontem B., Sox C. R. Optimal product pricing and lot sizing decisions for multiple products with nonlinear demands. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 43–58.
24. Bansal G., Anand A., Aggrawal D. Modeling multi-generational diffusion for competitive brands: an analysis for telecommunication industries. *Journal of Management Analytics*. 2021; 1–26.
25. Bansal N., Sharma A., Singh R. K. Fuzzy AHP approach for legal judgement summarization. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 323–340.
26. Barth J. R., Herath H. S., Herath T. C., Xu, P. Cryptocurrency valuation and ethics: a text analytic approach. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 367–388.
27. Bendoly E. Fit, bias, and enacted sensemaking in data visualization: frameworks for continuous development in operations and supply chain management analytics. *Journal of Business Logistics*. 2016; 37(1): 6–17.
28. Bendre M. R., Thool V. R. Analytics, challenges and applications in big data environment: a survey. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 206–239.
29. Bi Z., Cochran D. Big data analytics with applications. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 249–265.
30. Bradbury J.D., Guadagno R.E. Enhanced data narratives. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 171–194.
31. Branger J., Pang Z. From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 314–332.
32. Carter E., Adam P., Tsakis D., Shaw S., Watson R., Ryan P. Enhancing pedestrian mobility in smart cities using big data. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 173–188.
33. Çelikbilek Y., Tüysüz F. An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 281–300.
34. Chanda U., Aggarwal R. Bayesian network on labour dissonance: A social sector development challenge to India. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 80–111.
35. Chanda U., Goyal P. A Bayesian network model on the interlinkage between Socially Responsible HRM, employee satisfaction, employee commitment and organizational performance. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 105–138.

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

36. Chanda U., Kumar A. Optimal ordering policy for short life-cycle products under credit financing with dynamic adoption in supply chain. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 269–301.
37. Chen C. H., Chou C. Y., Kan C. C. Simultaneous determination of manufacturer's process mean and production run length, and retailer's order quantity. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 59–79.
38. Chen C.H., Lo C.P., Kan C.C. Simultaneous settings of order quantity, wholesale price, production run length, process mean, and warranty period. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 174–188.
39. Chen H., Li L., Chen Y. Explore success factors that impact artificial intelligence adoption on telecom industry in China. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 36–68.
40. Chen H., Xie F. How technological proximity affect collaborative innovation? An empirical study of China's Beijing–Tianjin–Hebei region. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 287–308.
41. Chen Y., Chen H., Gorkhali A., Lu Y., Ma Y., Li L. Big data analytics and big data science: a survey. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 1–42.
42. Chi-Hsien K., Nagasawa S. Applying machine learning to market analysis: Knowing your luxury consumer. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 404–419.
43. Chong D., Shi H. Big data analytics: a literature review. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 175–201.
44. Chong, D., Shi, H., Fu, L., Ji, H., Yan, G. The impact of XBRL on information asymmetry: evidence from loan contracting. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 145–158.
45. Cui Q., Jiang W. Panel data study on the appropriate proportion of personal expenses in total health expenditure in China. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 18–31.
46. Das R., De P. K., Barman A. Pricing and ordering strategies in a two-echelon supply chain under price discount policy: a Stackelberg game approach. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1911697](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1911697).
47. Das S., Mishra S., Senapati M. Improving time series forecasting using elephant herd optimization with feature selection methods. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 113–133.
48. Dedić N., Stanier C. Measuring the success of changes to Business Intelligence solutions to improve Business Intelligence reporting. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 130–144.
49. Delcure N., Carmona J. S. Enrollment management analytics: a practical framework. *Journal of Applied Research in Higher Education*. 2019; 11(4): 910–925.
50. Delen D., Dorokhov O., Dorokhova L., Dinçer H., Yüksel S. Balanced scorecard-based analysis of customer expectations for cosmetology services: a hybrid decision modeling approach. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 532–563.
51. Deleris L.A., Bagchi S., Kapoor S., Katircioglu K., Lam R., Buckley S. Simulation of adaptive project management analytics. In: *2007 Winter Simulation Conference*. 2007. p. 2234–2240. IEEE.
52. Demirkan S., Demirkan I., McKee A. Blockchain technology in the future of business cyber security and accounting. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 189–208.
53. de Souza Viana T. S., de Oliveira M., da Silva T. L. C., Falcão M. S. R., Gonçalves E. J. T. A message classifier based on multinomial Naïve Bayes for online social contexts. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 213–229.
54. Ding W., Song H. Financing the price-setting newsvendor with sales effort. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 564–590.
55. Duan L., Xiong Y. Big data analytics and business analytics. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 1–21.
56. Ebert D., Fisher B., Kantor P., Watters C. Introduction to Decision Support and Operational Management Analytics Minitrack. In: *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2013. p. 1484–1484. IEEE.
57. Fan Y. Research on factors influencing an individual's behavior of energy management: a field study in China. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 203–239.
58. Foroughi A., Yan G., Shi H., Chong D. A Web 3.0 ontology based on similarity: a step toward facilitating learning in the Big Data age. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 216–232.
59. Ganesan, S., Uthayakumar, R. EPQ models with bivariate random imperfect proportions and learning-dependent production and demand rates. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 134–170.
60. Geetha K. V., Prabha M. Effective inventory management using postponement strategy with fuzzy cost. *Journal of Management Analytics*, – 2021. – 1–29.
61. Ghosh P. K., Manna A. K., Dey J. K., Kar S. An EOQ model with backordering for perishable items under multiple advanced and delayed payments policies. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: doi: 10.1080/23270012.2021.1882348.
62. Giri B.C., Dash A. Optimal batch shipment policy for an imperfect production system under price-, advertisement- and green-sensitive demand. *Journal of Management Analytics*. 2021; Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1931495](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1931495).
63. Gorkhali A., Li L., Shrestha A. Blockchain: a literature review. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 321–343.
64. Gu B., Jiang W., Tan C. W. Theme: embracing the Internet of Things to drive data-driven decisions. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(1): 112–113.
65. Guo W., Straub D., Zhang P. A sea change in statistics: A reconsideration of what is important in the age of big data. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 241–248.
66. Gurusinghe R. N., Arachchige B. J., Dayarathna D. Predictive HR analytics and talent management: a conceptual framework. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 195–221.
67. Haenlein M., Kaplan A., Tan C. W., Zhang P. Journal of Management Analytics (Journal of Management Analytics): Special issue: artificial intelligence and management analytics. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 371–372.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

68. Haenlein M., Kaplan A., Tan C. W., Zhang P. Artificial intelligence (AI) and management analytics. *Journal of Management Analytics*. 201; 6(4): 341–343.
69. Hassani H., Huang X., Silva E. Banking with blockchain big data. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 256–275.
70. He D., Yu K., Wu J. Industry characteristics, court location, and bankruptcy resolution. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 389–423.
71. Hosseini S. A decision support system based on machine learned Bayesian network for predicting successful direct sales marketing. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 295–315.
72. Hou H., Kataev M. Y., Zhang Z., Chaudhry S., Zhu H., Fu L., Yu M. An evolving trajectory—from PD, logistics, SCM to the theory of material flow. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 138–153.
73. Hou J., Zhao H., Zhao X., Zhang J. Predicting mobile users' behaviors and locations using dynamic Bayesian networks. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 191–205.
74. Hou J., Zhao X. Using a priority queuing approach to improve emergency department performance. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 28–43.
75. Hou J., Zhao X., Zheng J. The impact of consistency between the emotional feature of advertising music and brand personality on brand experience. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 250–268.
76. Hoyland C. A., M. Adams K., Tolk A., D. Xu L. The RQ-Tech methodology: a new paradigm for conceptualizing strategic enterprise architectures. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 55–77.
77. Hu W., Hou Y., Tian L., Li Y. Selection of logistics distribution center location for SDN enterprises. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 202–215.
78. Huang H., Ruan Y., Shaikh A., Routray R., Tan C. H., Gopisetty S. Building end-to-end management analytics for enterprise data centers. In: *2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*. 2009. p. 661–675. IEEE.
79. Iaksch J., Fernandes E., Borsato M. Digitalization and Big data in smart farming—a review. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 333–349.
80. Ianuale N., Schiavon D., Capobianco E. Smart cities and urban networks: are smart networks what we need? *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 285–294.
81. Inegbedion H., Aghedo M. A model of vehicle replacement time with overloading cost constraint. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 350–370.
82. Jia H., Sheng Y., Han W., Wang X. S. Data access control in data exchanging supporting big data arena. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 155–169.
83. Jiang L., Li L., Cai H., Liu H., Hu J., Xie C. A linked data-based approach for clinical treatment selecting support. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 301–316.
84. Kang Y., Cai Z., Tan C. W., Huang Q., Liu H. Natural language processing (NLP) in management research: A literature review. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 139–172.
85. Karabağ O., Fadıloğlu M. M. Augmented Winter's method for forecasting under asynchronous seasonalities. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 19–35.
86. Khara B., Dey J. K., Mondal S. K. An inventory model under development cost-dependent imperfect production and reliability-dependent demand. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 258–275.
87. Kim J. H. 6G and Internet of Things: a survey. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 316–332.
88. Kullaya Swamy A., Sarojamma B. Bank transaction data modeling by optimized hybrid machine learning merged with ARIMA. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 624–648.
89. Kumar A., Chanda U. Two-warehouse inventory model for deteriorating items with demand influenced by innovation criterion in growing technology market. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 198–212.
90. Kumar P., Singh R.K., Shankar R. Efficiency measurement of fertilizer-manufacturing organizations using Fuzzy data envelopment analysis. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 276–295.
91. Kuma P., Singh R. K., Sinha P. Optimal site selection for a hospital using a fuzzy extended ELECTRE approach. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 115–135.
92. Kurade S. S., Latpat R. Demand and deterioration of items per unit time inventory models with shortages using genetic algorithm. *Journal of Management Analytics*. 2020. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1829113](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1829113).
93. Lai C.T., Jackson P.R., Jiang W. Shifting paradigm to service-dominant logic via Internet-of-Things with applications in the elevators industry. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 35–54.
94. Law K.S., Chung F.L. Knowledge-driven decision analytics for commercial banking. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 209–230.
95. Levy R., Brodsky A., Luo J. Decision guidance framework to support operations and analysis of a hybrid renewable energy system. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(4): 285–304.
96. Li H., Mao S. Incentive equilibrium strategies of transboundary industrial pollution control under emission permit trading. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 107–134.
97. Li L., Wang B., Wang A. An emergency resource allocation model for maritime chemical spill accidents. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 146–155.
98. Lin Y., Zhang W. An incentive model between a contractor and multiple subcontractors in a green supply chain based on robust optimization. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 481–509.

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

99. Lipovetsky S. Express analysis for prioritization: Best–Worst Scaling alteration to System 1. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 12–27.
100. Liu F., Tan C.W., Lim E.T., Cho B. Traversing knowledge networks: an algorithmic historiography of extant literature on the Internet of Things (IoT). *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 3–34.
101. Liu G., Jiang R., Shao X. Coordinating contingent assistance of lateral suppliers under disruption. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 135–153.
102. Liu J., Kang N., Man Y. Evidence fusion theory in healthcare. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 276–286.
103. Lu Y. Blockchain and the related issues: a review of current research topics. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 231–255.
104. Lu Y. Artificial intelligence: a survey on evolution, models, applications and future trends. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 1–29.
105. Lu Y., Ning X. A vision of 6G–5G’s successor. *Journal of Management Analytics*, - 2020; 7(3): 301–320.
106. Ma Q., Jin J., Xu Q. The evidence of dual conflict in the evaluation of brand extension: an event-related potential study. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 42–54.
107. Ma Y., Chen G., Wei Q. A novel business analytics approach and case study—fuzzy associative classifier based on information gain and rule-covering. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 1–19.
108. Maiti A.K. Multi-item fuzzy inventory model for deteriorating items in multi-outlet under single management. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 44–68.
109. Maiti A.K. Cloudy fuzzy inventory model under imperfect production process with demand dependent production rate. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1866696](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1866696).
110. Malhotra D., Rishi O.P. A comprehensive review from hyperlink to intelligent technologies based personalized search systems. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 365–389.
111. Mallick R.K., Manna A.K., Mondal S.K. A supply chain model for imperfect production system with stochastic lead time demand. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 309–333.
112. Man Y., Huang W., Zhao W., Jiang W. Investment decisions for improving quality along supply chains. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 240–257.
113. Manna A.K., Das B., Dey J.K., Mondal S.K. Multi-item EPQ model with learning effect on imperfect production over fuzzy-random planning horizon. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 80–110.
114. Mazurek G., Małagocka K. Perception of privacy and data protection in the context of the development of artificial intelligence. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 344–364.
115. Medalla M.E.F., Yamagishi K.D., Tiu A.M.C., Tanaid R.A.B., Abellana D.P.M., Caballes S.A.A., Ocampo L.A. Relationship mapping of consumer buying behavior antecedents of secondhand clothing with fuzzy DEMATEL. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1870878](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1870878).
116. Mohammadi S.S., Azar A., Ghatar A.R., Alimohammadi M. A model for selecting green suppliers through interval-valued intuitionistic fuzzy multi criteria decision making models. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881926](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881926).
117. Mohanty M., Shankar R. A hierarchical analytical model for performance management of integrated logistics. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 173–208.
118. Mohanty S., Padhy S. A novel OFS–TLBO–SVR hybrid model for optimal budget allocation of government schemes to maximize GVA at factor cost. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 32–53.
119. Movahedisaveji M.M., Shaukat B. Mediating role of brand app trust in the relationship between antecedents and purchase intentions–Iranian B2C mobile apps. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 69–104.
120. Nabhani F., Uhl C., Kauf F., Shokri A. Supply chain process optimisation via the management of variance. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 136–153.
121. Nagpal G., Chanda U. Optimal inventory policies for short life cycle successive generations’ technology products. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881922](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881922).
122. Namdeo A., Khedlekar U.K., Singh P. Discount pricing policy for deteriorating items under preservation technology cost and shortages. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 649–671.
123. Narayanan P., Verhagen W. J., Dhanisetty V. V. Identifying strategic maintenance capacity for accidental damage occurrence in aircraft operations. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 30–48.
124. Negi R. Experience in Asset Performance Management Analytics for decision support on Transmission & Distribution Assets. *2019 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*. 2019. p. 1–6.
125. Ocampo L.A. Fuzzy analytic network process (FANP) approach in formulating infrastructural decisions of sustainable manufacturing strategy. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 266–284.
126. Ocampo L.A., Vasnani N.N., Chua F.L. S., Pacio L.B.M., Galli B.J. A bi-level optimization for a make-to-order manufacturing supply chain planning: a case in the steel industry. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2020.1871431](https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1871431).
127. Palanivel M., Priyan S., Uthayakumar R. An inventory model with finite replenishment, probabilistic deterioration and permissible delay in payments. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 254–279.

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

128. Palanivel M., Suganya M. Partial backlogging inventory model with price and stock level dependent demand, time varying holding cost and quantity discounts. *Journal of Management Analytics*. 2021; Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1887771](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1887771).
129. Palanivel M., Sundararajan R., Uthayakumar R. Two-warehouse inventory model with non-instantaneously deteriorating items, stock-dependent demand, shortages and inflation. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 152–173.
130. Palanivel M., Uthayakumar R. An EPQ model with variable production, probabilistic deterioration and partial backlogging under inflation. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 200–223.
131. Pan, S. L., Li, M., Pee, L. G., Sandeep, M. S. Sustainability Design Principles for a Wildlife Management Analytics System: An Action Design Research. *European Journal of Information Systems*. 2020. Available from: [doi: 10.1080/0960085X.2020.1811786](https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1811786).
132. Panigrahi B.K., Nath T.K., Senapati M.R. An application of local linear radial basis function neural network for flood prediction. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 67–87.
133. Papademetriou R. *A software tool for teaching management analytics in engineering courses*. In: 27th European Conference on Operational Research. 2015. Available from: <https://www.euro-online.org/web/pages/420/last-activity-reports>.
134. Peruzzini M., Stjepandić J. Editorial to the special issue “Transdisciplinary analytics in supply chain management”. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 75–80.
135. Petrenko S., Makoveichuk K., Olifirov A. New methods of the cybersecurity knowledge management analytics. In: *International Conference on Convergent Cognitive Information Technologies*. 2018, p. 296–310. Springer, Cham.
136. Pinheiro R. L., Landa-Silva D., Qu R., Constantino A.A., Yanaga E. An application programming interface with increased performance for optimisation problems data. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(4): 305–332.
137. Polimenis V., Neokosmidis I. The global financial crisis and its transmission to Asia Pacific. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 266–284.
138. Pradhan K., Chawla P. Medical Internet of things using machine learning algorithms for lung cancer detection. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 591–623.
139. Prakash J., Chin J. F. Effects of inventory classifications on CONWIP system: a case study. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 296–320.
140. Priyan S., Palanivel M., Uthayakumar R. Two-echelon production-inventory system with fuzzy production rate and promotional effort dependent demand. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 72–92.
141. Qabajeh I., Thabtah F., Chiclana F. A dynamic rule-induction method for classification in data mining. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(3): 233–253.
142. Qiao J., Yang Z. Mechanism of R&D network formation based on a network embeddedness game model. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 154–174.
143. Rajini G., Sangamaheswary D.V. An emphasize of customer relationship management analytics in telecom industry. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016; 9(32): 1–5.
144. Rehman H. U., Wan G., Ullah A., Shaukat B. Individual and combination approaches to forecasting hierarchical time series with correlated data: an empirical study. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 231–249.
145. Rouhani S., Rotbei S., Shamizanji M. Meta-synthesis of big data impacts on information systems development. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 182–201.
146. Sachdeva N., Kapur P.K., Singh O. An innovation diffusion model for consumer durables with three parameters. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(3): 240–265.
147. Santos M.Y., Martinho B., Costa C. Modelling and implementing big data warehouses for decision support. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 111–129.
148. Shahi S. K., Dia M. Comparison of Ontario’s roundwood and 2017 recycled fibre pulp and paper mills’ performance using data Envelopment analysis. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 222–251.
149. Sharbini H., Sallehuddin R., Haron H. Crowd evacuation simulation model with soft computing optimization techniques: a systematic literature review. *Journal of Management Analytics*. 2021. Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1881924](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881924).
150. Sharma S. K., Chanda U. Developing a Bayesian belief network model for prediction of R&D project success. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(3): 321–344.
151. Shen X., Jiang, W. Multivariate normal spatial scan statistic for detecting the most severe cluster of a disease. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 130–145.
152. Shi H., Chong D., Yan G., He W. A semantic query-based approach for management decision-making. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 53–71.
153. Shi H., Ma, Z., Chong D., He W. The impact of Facebook on real estate sales. *Journal of Management Analytics*. 2020; 8(1): 101–112.
154. Sokolova M.V., Gómez F.J., Borisoglebskaya L.N. Migration from an SQL to a hybrid SQL/NoSQL data model. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(1): 1–11.
155. Solomon S., Ellegood W. A., Pannirselvam G., Riley J. A decision support model for supplier portfolio selection in the retail industry. *Journal of Management Analytics*. 2021; Available from: [doi: 10.1080/23270012.2021.1882349](https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1882349).
156. Sousa S., Rodrigues N., Nunes E. Evolution of process capability in a manufacturing process. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 95–115.
157. Srinivasa K. G., Anupindi S., Kumar A. Analytics on medical records collected from a distributed system deployed in the Indian rural demographic. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 54–72.

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

158. Srivastava P. R., Sharma S., Kaur S. Data mining-based algorithm for assortment planning. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 443–457.
159. Sundara Rajan R., Uthayakumar R. Analysis and optimization of an EOQ inventory model with promotional efforts and back ordering under delay in payments. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(2): 159–181.
160. Sundararajan R., Prabha M., Jaya R. An inventory model for non-instantaneous deteriorating items with multivariate demand and backlogging under inflation. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(3): 302–322.
161. Sundararajan R., Vaithyasubramanian S., Nagarajan A. Impact of delay in payment, shortage and inflation on an EOQ model with bivariate demand. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 267–294.
162. Tan C.W., Jiang W., Gu B. Guest Editorial: Special issue on embracing the Internet of Things to drive data-driven decisions. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 1–2.
163. Tang J., Yan C., Fung R.Y. Optimal appointment scheduling with no-shows and exponential service time considering overtime work. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 99–129.
164. Teixeira C., Lopes I., Figueiredo M. Classification methodology for spare parts management combining maintenance and logistics perspectives. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 116–135.
165. Tung K. AI. The internet of legal things, and lawyers. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 390–403.
166. Ullah A., Jiang W. Optimal periodic replacement policy for a warranted product subject to multi modes failure process. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 154–172.
167. Ullah Ibne Hossain N., Nagahi M., Jaradat R., Stirgus E., Keating, C.B. The effect of an individual's education level on their systems skills in the system of systems domain. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(4): 510–531.
168. Vafeiadis T., Dimitriou N., Ioannidis D., Wotherspoon T., Tinker G., Tzovaras D. A framework for inspection of dies attachment on PCB utilizing machine learning techniques. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(2): 81–94.
169. Vaghefi I., Lapointe L., Shahbaznezhad H. A multilevel process view of organizational knowledge transfer: enablers versus barriers. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(1): 1–17.
170. Verma N., Malhotra D., Singh J. Big data analytics for retail industry using MapReduce-Apriori framework. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 424–442.
171. Verma N., Singh J. A comprehensive review from sequential association computing to Hadoop-MapReduce parallel computing in a retail scenario. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(4): 359–392.
172. Voltolini R., Vasconcelos K., Borsato M., & Peruzzini M. Product development cost estimation through ontological models – a literature review. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(2): 209–229.
173. Wang X., Chen X., Bi Z. Support vector machine and ROC curves for modeling of aircraft fuel consumption. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 22–34.
174. Wang, Y., Ji, W., Chaudhry, S. S. A hybrid approach for the evaluation of supermarket food safety. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(2): 156–167.
175. Wei C., Li Z., Zou Z. Ordering policies and coordination in a two-echelon supply chain with Nash bargaining fairness concerns. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(1): 55–79.
176. Wipulanusat W., Panuwatwanich K., Stewart R. A., Arnold S. L., Wang J. Bayesian network revealing pathways to workplace innovation and career satisfaction in the public service. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(2): 253–280.
177. Xiao Z., Lin Z., Li S. Expected return, time-varying risk, and hedging demand in the US REITs market. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 78–98.
178. Xu B., Li L., Hu D., Wu B., Ye C., Cai H. Healthcare data analysis system for regional medical union in smart city. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(4): 334–349.
179. Xu B., Xu K., Fu L., Li L., Xin W., Cai H. Healthcare data analytics: Using a metadata annotation approach for integrating electronic hospital records. *Journal of Management Analytics*. 2016; 3(2): 136–151.
180. Xu, Y., Park, Y. S., Park, J. D., Cho, W. Evaluating the environmental efficiency of the US airline industry using a directional distance function DEA approach. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 1–18.
181. Yan G., He W., Shi H., Rawat D.B. Applying a bilingual model to mine e-commerce satisfaction sentiment. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(4): 285–300.
182. Yan H., Xu L. D., Bi Z., Pang Z., Zhang J., Chen Y. An emerging technology—wearable wireless sensor networks with applications in human health condition monitoring. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 121–137.
183. Yang J., Yu K. The role of an integrated logistics and procurement service offered by a 3PL firm in supply chain. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 49–66.
184. Yang M., Wan G., Zheng E. A predictive DEA model for outlier detection. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(1): 20–41.
185. Yang Z., Kong P., Li B., Chao B. A compartment model and numerical analysis of circulatory economy. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(1): 88–105.
186. Ye J. Entropy measures of simplified neutrosophic sets and their decision-making approach with positive and negative arguments. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(2): 252–260.
187. Yu H., Wang P., Zheng H., Luo J., Liu J. Impacts of congestion on healthcare outcomes: an empirical observation in China. *Journal of Management Analytics*. 2020; 7(3): 344–366.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

188. Yu K., He D. The choice between bankruptcy liquidation and bankruptcy reorganization: a model and evidence. *Journal of Management Analytics*. 2018; 5(3): 170–197.
189. Yu Y., Madiraju S. Enterprise Application Transformation Strategy and Roadmap Design: A Business Value Driven and IT Supportability Based Approach. In: *2014 Enterprise Systems Conference*. 2014. p. 66–71.
190. Yu Y., Madiraju S. Enterprise Application Transformation Strategy and Roadmap Design: A Business Value Driven and IT Supportability-Based Approach. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 111–120.
191. Zelenkov Y. Critical regular components of IT strategy: Decision making model and efficiency measurement. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(2): 95–110.
192. Zhang S., Hingle A. The evolution of news and media website design: trend analysis of rich media, social sharing, and ad placements. *Journal of Management Analytics*. 2017; 4(4): 345–358.
193. Zhang W., Xiang Y., Liu X., Zhang P. Domain ontology development of knowledge base in cardiovascular personalized health management. *Journal of Management Analytics*. 2019; 6(4): 420–455.
194. Zhang Z., Jasimuddin S. M. A model-based analysis for mobile knowledge management in organizations. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(1): 35–52.
195. Zhang Z., Zhang P. Seeing around the corner: an analytic approach for predictive maintenance using sensor data. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 333–350.
196. Zhao J.L., Fan S., Hu D. Business challenges and research directions of management analytics in the big data era. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 169–174.
197. Zhao X., Hou J. Analyzing the time buffer in the Theory of Constraints based lean operations. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 185–199.
198. Zheng Z. Introduction to big data analytics and the special issue on big data methods and applications. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 281–284.
199. Zhou S., Wan G., Zhang P., Li Y. Optimal quality level, order quantity and selling price for the retailer in a two-level supply chain. *Journal of Management Analytics*. 2014; 1(3): 175–184.
200. Zhou S., Zhan, Y. A new method for performance evaluation of decision-making units with application to service industry. *Journal of Management Analytics*. 2021; 8(1): 84–100.
201. Zou H., Chen H. M., Dey S. Exploring user engagement strategies and their impacts with social media mining: the case of public libraries. *Journal of Management Analytics*. 2015; 2(4): 295–313.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Лу Янг, кандидат наук, доцент департамента информационных систем и операционного менеджмента,  
Университет Центральной Оклахомы, Эдмонтон, ОК 73012, США, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8400-3983>,  
e-mail: ziiyuu@gmail.com

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

*Статья поступила в редакцию: 11.05.2021.*

*Статья поступила в редакцию после рецензирования: 06.06.2021.*

*Статья принята к публикации: 08.06.2021.*



# Analysis of the existing methodological approaches to the problem of establishing the boundaries of soil pollution with the main pollutants and metal-containing nanoparticles in the areas of location of unauthorized dumps

I.O. Tuktarova<sup>1\*</sup> , R.A. Bolotov<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia

<sup>2</sup> South-Ural Interregional Directorate of the Federal Service for Supervision of Natural Resources Management of Russian Federation, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

\* Corresponding author: e-mail: umrko@mail.ru

**ABSTRACT:** **Introduction.** Unauthorized dumps are territories that are not permitted and not equipped in accordance with the current legislation of the territory, where waste products are disposed of. Most of the unauthorized dumps, both industrial and municipal solid waste (MSW), are objects of accumulated harm. In connection with the increase in the use of nanoparticles of various genesis in engineering materials, there is a need to assess their impact on environmental components and human health. One of the main marker substances that determine the ecotoxicological effect of dumps are heavy metals, including those entering the environment in the form of metal-containing nanoparticles. Their identification, determination of the processes of horizontal and vertical migration of pollutants (P), identification of the intensity of negative processes are necessary information for making decisions on the choice of methods and technologies for recultivation of disturbed areas. Currently, there are no legislative acts (LA) that take into account the specifics of such objects in the study of territories within the framework of environmental surveys (ES), which necessarily precede the implementation of project documentation for recultivation. A vital task is to develop a methodological approach to diagnosing the state of territories disturbed as a result of waste disposal, and to reliably determine the boundaries of soil pollution, taking into account modern trends in the development of nanotechnology. **Methods and materials.** The analytical study was based on the results of environmental surveys at four unauthorized dumps of the Republic of Bashkortostan (three dumps for municipal solid waste (MSW) and one dump for industrial waste), carried out in 2019–2020. **Results and discussion.** A study of the reliability and completeness of determining the level of soil pollution in the territory of the dumps was made. Deviations from the requirements of CS 11-102-97, GOST 17.4.3.01-83 in terms of the number of sampling points and their spatial location were revealed. It was found that the requirements of Article 1 and Article 80.1 of the Federal Law of 10.01.2001 No.7-FL "On Protection of Environment" on identifying negative environmental changes and establishing the ability of pollutants to migrate to other components of the environment were not taken into account. **Conclusions.** The existing methodological approaches to establishing the boundaries of soil pollution in the areas where unauthorized dumps are located require revision and specification.

**KEY WORDS:** waste, unauthorized dumps, soils, pollutants, metal nanoparticles, environmental surveys (ES), environment.

**FOR CITATION:** Tuktarova I.O., Bolotov R.A. Analysis of the existing methodological approaches to the problem of establishing the boundaries of soil pollution with the main pollutants and metal-containing nanoparticles in the areas of location of unauthorized dumps. *Nanotechnologies in Construction*. 2021; 13(3): 193–200. Available from: doi: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-193-200.

## INTRODUCTION

Unauthorized dumps are one of the most common objects of accumulated harm (negative impact resulting from past economic and other activities, the obligations

to eliminate which were not fulfilled or were not fulfilled in full) and sources of a whole spectrum of pollutants entering the environment [1–4].

According to the Federal Target Program "Elimination of Accumulated Environmental Damage" for

2014–2025 [5], as a result of economic activity, 31.6 billion tons of waste have been accumulated in the Russian Federation by now, of which 2–2.3 billion tons are toxic. Of the 121 particularly hazardous objects of accumulated environmental harm on the territory of the Russian Federation included in the register, 69 are dumps and waste landfills [6].

The specificity of unauthorized dumps as objects of pollution, first of all, is the lack of information about the waste disposed on them, and, as a consequence, the unpredictability of the nature and levels of impact. On the territories of unauthorized dumps, the status and composition of MSW is not monitored, and the established period for the placement of MSW is not observed [7].

In this case, the main component of the environment, experiencing a negative effect, are soils in which the morphological and physical properties deteriorate, the water, air, thermal and redox regimes are disturbed, the conditions necessary for the existence of soil animals and microorganisms, the growth and development of plants change.

As studies show [8], under soil pollution, the soil matrix system and the associated work of all nanoreactors are significantly affected. At the same time, nanotechnological processes in soils (the formation of aggregates, humus, litter, etc.), which are directly related to soil fertility, are not taken into account in the system of environmental regulation, although they could provide decisive information about the degree of degradation of soil ecosystems.

The soil is the main accumulator of technogenic nanoparticles entering the environment as a result of economic and other activities. Technogenic metal nanoparticles in soil are mainly represented by the following compounds  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $AlO$ ,  $CuO$ ,  $Ag$ ,  $MgO$ ,  $FeO_x$ ,  $NiO$ ,  $MnO_x$  [9–13]. The sources of their entry from dumps into soils are waste of packaging materials, household chemicals, agrochemicals, spent industrial catalysts, ash from thermal waste disposal, etc.

In the structure of normative legal acts [14–18], regulating the scope of research to determine the admissibility of negative impact on soils, we are faced with the traditionally accepted definition of the degree of degradation by the level of chemical pollution.

This approach does not take into account the possibility of joint action of harmful factors, the dependence of the impact on the symbioticity of factors, and the determination of environmental risks, and, moreover, the determination of the form of chemical compounds (mobile, immobile, macrodispersed, nanoparticles, etc.).

And while chemical pollution of soils and grounds within the framework of ES is assessed by the total indicator ( $Z_c$ ), which takes into account the additivity of pollutants, it is an indicator of the adverse impact only on the health of the population.

This methodological approach is complicated by the lack of requirements to the scope of research during surveys (the number of samples) for such complex objects as unauthorized dumps, accordingly, it becomes difficult to determine the zones of influence of objects and the degree of soil degradation.

According to RP 1.2.2639-10 "Use of methods for quantitative determination of nanomaterials at nanoindustry enterprises" [19], it is recommended to determine the presence of nanoparticles in environmental components (atmospheric air, water bodies, soils) in a number of controlled objects. The presence of this document reflects the importance of an integrated approach to identifying the degree and nature of contamination.

Within the framework of the state environmental expertise, all the above points are of particular importance, since materials on environmental impact assessment should be scientifically substantiated, reliable and reflect the results of research carried out taking into account the relationship of various environmental factors [20].

## METHODS AND MATERIALS

This work was based on the results of the ES analysis for 2019–2020 in terms of the reliability and completeness of determining the level of soil pollution in the territory of the location of four unauthorized dumps of the Republic of Bashkortostan. The study of the compliance of the ES materials with the requirements of the current regulatory documentation for geoecological soil testing was carried out.

*Dump № 1* is an unauthorized MSW dump. The year of the beginning of the exploitation of the dump is 1993. The landfill body is a mixture of MSW covered with layers of insulating soil. The proposed waste storage system is based on the maps using the thrust method.

*Dump № 2* is an unauthorized MSW dump. The dump body is an embankment with steep slopes, partly overgrown with weeds. There are no intermediate layers of insulating primer in the body of the dump.

*Dump № 3 – Industrial waste dump.* The beginning of waste storage – 1970s. The dump is an open pit where solid and resinous wastes (various spent catalysts containing heavy metals) were stored and liquid heavy hydrocarbons were placed in technological maps.

*Dump № 4* is an unauthorized MSW dump. The dump body is an embankment of garbage, mainly covered with soil and overgrown with weeds of the grass layer.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

The first question that we face when assessing the sufficiency of the ES materials is the number and spatial location of the samples taken (determining the completeness and representativeness of research results).

In clause 4.19 of the Code specification CS 11-102-97 [14], a reference is provided to GOST 17.4.3.01-83 "Environmental protection. Soils. General requirements for sampling" [15], which contains the following recommendation on the number of samples: at least one combined sample per 0.5–1.0 hectares with a heterogeneous soil cover and at least one combined sample per 1.0–5, 0 ha – with uniform. Scope [15] – for general and local pollution.

Further, according to the text of clause 4.19 [14], it is indicated that the number and location of samples, as well as the distance between samples, are set in the *survey program* depending on the type and purpose of the projected object, the natural and technogenic conditions of the research area and the stage of design and survey work.

Table 1 shows the features of the dumps under consideration that affect the spread of pollutants in the soil profile and the possibility of the occurrence of foci of secondary soil pollution.

Clause 4.16 [14], which establishes the requirements for assessing pollution in the zone of influence of economic objects, also gives a reference to the survey program: "The location of sampling points is established in the survey program depending on the expected structure

of the pollution field, the geological structure of the territory."

Thus, the quality of the work is directly related to the responsibility of the Customer, who draws up the Terms of Reference for the ES. In ES, for all objects in the survey programs, the scope of work is limited and/or tied to the "territory of the object location" in accordance with the data of the development plan for a land plot [21].

In this context, many legal restraints arise, and sampling in adjacent areas is, at best, carried out only within the sanitary protection zones (SPZ) of the facilities. Although soil pollution at landfill sites is often secondary, some of the pollutants are washed out with precipitation and groundwater, ensuring the accumulation of pollutants at a certain distance from the objects [22–24].

The same clause 4.16 [14] regulates that "the adopted sampling system should ensure the study of the pollutive zone in plan and in vertical section by the main components of the environment, identification of pollution sources, migration routes, areas and fluxes of dispersion and accumulation of pollutants".

As you can see from the table 2, the number of sampling points (sites) does not meet the requirements of [14, 15] in terms of completeness of research: the sampling

**Table 1**  
**General data on research objects**

Indicator name	Dump № 1	Dump № 2	Dump № 3	Dump № 4
Dump area, ha	18,12	12,05	4,13	10,07
Volume (mass) of accumulated waste	1 434 369 m <sup>3</sup>	442 472 m <sup>3</sup>	30 000 t	850 000 m <sup>3</sup>
Features of hydrogeological conditions	Wetland area	Wetland area	—	Wetland area, confined groundwater
Existence of exceeding the MAC for pollutants in ground (underground waters)	Not available	Sulfate ion, calcium, magnesium, lithium	Benz (a) pyrene, phenol, nickel	BOD, dry residue, chloride ion, chromium, lead, iron, cadmium, magnesium, mercury, barium, lithium, petroleum products
Existence of exceeding the MAC for pollutants in surface water bodies (including bottom sediments)	BOD, suspended solids	Copper, arsenic, chromium, mercury, lead, petroleum products	Benz (a) pyrene, phenols, nitrate ions	Copper, arsenic, chromium, mercury, lead, petroleum products
The presence of leachate in the body of the dump	Yes	No	No	Yes
Soil type of the surrounding area	Urbanozem, carbonate chernozems	Urbanozem, chernozems, leached medium humus medium thick	Urbanozem, leached chernozems	Urbanozem, leached chernozems

Table 2

The scope of research within the framework of the ES to establish soil pollution in the areas of dumps

Indicator name	Dump № 1	Dump № 2	Dump № 3	Dump № 4
Study area boundaries	Within the SPZ (500 m from the border of the dump)	Within the SPZ (115 m from the border of the dump)	Within the SPZ (1000 m from the border of the dump)	Within the SPZ (320 m from the border of the dump)
Number of sampling points and/or sample areas (SA)	5 wells along the perimeter of the dump body, 4 SA within a radius of 50 m from the dump body	3 SA within a radius of 50 m from the dump body	3 wells within a radius of 100 m from the dump body	5 wells along the perimeter of the dump body, 3 SA within a radius of 50 m from the dump body
Number of samples	20 well samples layer by layer 4 pooled samples (envelope method with SA)	3 pooled samples (envelope method) with SA	18 well samples layer by layer	20 well samples layer by layer 4 pooled samples (envelope method with SA)
Vertical depth survey	0.0–3.0 m layer by layer in wells 0.0–0.2 m on SA	0.0–0.2 m on SA	0.3–15.0 m layer by layer in wells	0.0–3.0 m layer by layer in wells 0.0–0.2 m on SA
Presence of a baseline sample taken outside the sphere of local anthropogenic impact	No	No	No	Yes
Assessment of soil fertility	No	No	No	Yes
Analysis of pollution by toxic-chemical indicators	Nickel, copper, zinc, lead, cadmium, arsenic, mercury, cobalt, manganese, chromium, petroleum products, benz (a) pyrene	Nickel, copper, zinc, lead, cadmium, arsenic, mercury, cobalt, petroleum products, benz (a) pyrene	Nickel copper, zinc, lead, cadmium, arsenic, mercury, petroleum products, benz (a) pyrene	Nickel, copper, zinc, lead, cadmium, arsenic, mercury, manganese, chromium, cobalt, petroleum products, benz (a) pyrene
Determination of mobile forms of metals	No	No	No	No
Determination of nanoparticles, including metal-containing ones	No	No	No	No
Dump base soil surveys	Absent	Absent	4 points	2 points

depth was chosen incorrectly. In case of chronic anthropogenic impact (from 30 to 50 years for research objects), which develops at unauthorized dumps, it is unacceptable to analyze only the surface layer, soil sampling should be carried out in each engineering-geologic element.

According to the table 1, pollution of surface and ground waters is present in all objects, which, when analyzed together with soil research data (table 2), can only

indicate that the soil control points were chosen incorrectly, and migration routes and reliable depth of pollutant accumulation have not been established.

An important point showing the quality of research work is the definition, along with the bulk forms of metals, their mobile forms. The amount of mobile metal compounds is used to assess the amount of trace elements available to plants, as well as the ecological state

of contaminated soils. The main mechanisms of the action of mobile forms on the soil are complexation and ion exchange. It has been established that the form of input of heavy metals into the soil significantly affects the transformation of technogenic compounds and their distribution [25], namely, heavy metals are the main pollutants entering the environment components from waste disposal facilities [26].

Currently, there are not many studies to determine the migration paths of nanoparticles in soils and to determine their role in the degradation of soil ecosystems. However, it was established [9] that natural soil colloids are carriers of metal nanoparticles through soil profiles. The main trends in the distribution of metal-containing nanoparticles have a similar picture with the distribution of other pollutants in soils, while the nanoparticles have a higher migration ability and bioavailability.

Soil quality control by chemical parameters and determination of the degree of hazard was carried out in accordance with SanPiN 2.1.7.1287-03 "Sanitary-epidemiological requirements for soil quality" [27], which set requirements for the quality of soils in populated areas and agricultural land (table 3). An additive assessment of the degree of chemical pollution of soil and ground at the survey sites was carried out on the basis of the total indicator of chemical pollution ( $Z_c$ ), which is an indicator of adverse impact on the population.

In the context of unauthorized dumps, it is important not only to comply with hygienic standards, but also to take into account other criteria for the functioning of ecosystems: the enzymatic activity of soil microbiota, potential fertility, potential phyto- and zootoxicity of soils, and the intensity of nanotechnological soil processes. It is they which can provide reliable information on the magnitude of environmental risk and a long-term forecast for the restoration of territories, that can directly affect technological solutions for eliminating the negative impact on the environment and reclamation of disturbed lands.

Another approach to comparing and assessing the levels of chemical pollution is to compare the concentrations of pollutants with "background" values – the content of analyzed substances in anthropogenically undisturbed natural objects-analogues. However, this approach was not reflected in the ES for three objects out of four analyzed.

Another requirement of CS 11-102-97 [14] in terms of the analyzed pollutants was not taken into account in research at unauthorized dumps: Clause 4.29 regulates soil testing for the content of volatile toxicants (benzene, toluene, xylene, ethylbenzene, chlorinated hydrocarbons, oil and oil products) and other pollutants that penetrate into subsoil horizons to a depth of 3.0–3.5 m.

In dumps № 1 and 4, studies on petroleum products were carried out to a depth of up to 3.0 m in wells and up

*Table 3*  
Category of soil pollution according to SanPiN 2.1.7.1287-03 [27]

Research area	Pollution category according to SanPiN 2.1.7.1287-03 "Sanitary-epidemiological requirements for soil quality"			
	Dump № 1	Dump № 2	Dump № 3	Dump № 4
Dump base soils	—	—	Permissible	Permissible
Adjacent area	Wells: 0.00–0.20 m (moderately dangerous); 0.2–3.0 m (permissible)  SA: moderately dangerous permissible	SA: moderately dangerous permissible	Wells: 0,3–1,0 m; 1,0–2,0 m; 2,0–3,0 m; 3,0–5,0 m (permissible); 5,0–10,0 m; 10,0–15,0 m (clean)  1,0–2,0 m; 5,0–10,0 m (permissible); 0,3–1,0 m; 2,0–3,0 m; 3,0–5,0 m; 10,0–15,0 m (clean)	SA: permissible

to 0.2 m at the SA, and at dump № 2 – only at the SA up to 0.2 m. At the industrial waste dump, where organic pollutants could have been disposed of, all petroleum hydrocarbons were accounted for as “petroleum products”, although in the context of toxicity and impact on soil processes, aromatic hydrocarbons (benzene), unlike petroleum products, have established MAC values and a higher hazard level [28].

## CONCLUSIONS

Currently, a large scientific and practical experience has been accumulated in the diagnosis of soil ecosystems exposed to unauthorized disposal and disposal of waste. However, the requirements of environmental regulatory documents that determine the composition and structure of research within the framework of ES are more focused on construction objects (rather than elimination of accumulated harm) and compliance with the requirements of hygienic standards in the light of the impact of pollutants on human health. At the same time, the term “negative impact on the environment” in the legislation is defined much broader – as “the impact of economic and other activities, the consequences of which lead to negative changes in the quality of the environment” [29].

With the development of scientific research, new technologies and industries, the list of substances required

for diagnosis and control is also expanding. Due to the presence of dissimilar engineering materials in dumps and the formation of special pollution due to the migration of heavy metals, it is recommended to expand approaches to assessing the impact of these objects on the environment, as well as taking into account the ecotoxicological effect of metal-containing nanoparticles.

Currently, the completeness and reliability of research directly depend on the qualifications of the developers of the survey and the requirements of the Customer of the design documentation for the elimination (reclamation) of unauthorized dumps.

The existing methodological approaches to establishing the boundaries of soil pollution in areas where unauthorized dumps are located require revision and specification in terms of:

- requirements for the number and spatial distribution of sampling points, taking into account the specifics of waste disposal facilities;
- requirements for the list of analyzed substances with the establishment of marker substances for each object;
- taking into account the structural, genetic, biochemical characteristics of soils, for which the impact on the environment is assessed;
- taking into account the assessment of the ecological potential of soils, their resistance to impact and the ability to restore.

## REFERENCES

1. Zagorskaya E.P., Chigarev R.I. Illegall dumps are as natural anthropogenic factor in urban areas. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018; 20(5): 593–598.
2. Stepanov E.G., Tuktarova I.O., Malikova T.Sh. Problems of placement of industrial wastes in landfills in the industrial city. *Nanotechnologies in Construction*. 2017; 9(2): 103–118. Available from: [doi: 10.15828/2075-8545-2017-9-2-103-118](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-2-103-118).
3. Kulsaitova L.R., Bakhtiyarova R.S., Tuktarova I.F. Analysis of the state of soils on the territory of the waste disposal facility. In: Actual problems of science and technology-2017: Collection of articles, reports and speeches X Intern. scientific-practical conf. young scientists, 14 April – 19 May 2017, Ufa, Russian Federation. Ufa: Publishing house “Petroleum engineering”; 2017. Vol. 1., p. 182–184.
4. Yangirova Z.Z., Tuktarova I.O. *Ecogeology of urbanized territories: textbook*. Ufa: USPTU Publishing House; 2019.
5. Passport of the Federal Target Program “Elimination of Accumulated Environmental Damage” for 2014–2025 of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. Available from: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2015/03/ФЦП-Ликвидация-накопленного-экологического-ущерба-на-2014–2025.pdf> [Accessed 1st March 2021].
6. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation Available from: [http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya\\_nakoplenного\\_ekologicheskogo\\_ushcherba/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya_nakoplenного_ekologicheskogo_ushcherba/) [Accessed 1st March 2021].

7. Federal Law of 24.06.1998 No. 89-FZ "On production and consumption wastes" Available from : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) [Accessed 1st March 2021]
8. Zubkova T.A., Karpatchevskiy L.O. Nanotechnologies in soil. *Theoretical and applied ecology*. 2009; 1: 4–7.
9. Gladkova M.M., Terekhova V.A. Engineering nanomaterials in soil: Sources of entry and migration pathways. *Vestn. Moscow un-ty. Ser. 17. Soil science*. 2013; 3: 34–39.
10. Xu C., Peng C., Sun L., Zhang S., Huang H., Chen Y., J. Shi. Distinctive effects of TiO<sub>2</sub> and CuO nanoparticles on soil microbes and their community structures in flooded paddy soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 2015; 86: 24–33.
11. Kolesnikov S.I., Timoshenko A.N., Kazeev K.Sh., Akimenko Yu.V. Effects of pollution by nanoparticles of nickel and iron oxides on biological properties of ordinary chernozem. *Bulletin of higher education institutes. North Caucasus region. Natural Sciences*. 2016; 1(189): 71–75.
12. Andrusishina I.N., Golub I.A., Didikin G.G., Litvin S.E., Gromovoy T.Yu., Gorchev V.F., Movchan V.A. Structure, properties and toxicity of nanoparticles of silver and copper oxides. *Biotechnology*. 2011; 4(6): 51–59.
13. Tsitsuashvili V.S., Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Rajput V.D., Mandzhieva S.S., Sushkova S.N., Bauer T.V., Burachevskaya M.V. The impact of copper nanoparticles on plants and soil microorganisms (literature review). *Don Agrarian Science Bulletin*. 2017; 3(39): 93–100.
14. CS 11-102-97 Engineering and environmental surveys for construction Available from: <http://docs.cntd.ru/document/871001220> [Accessed 1st March 2021].
15. GOST 17.4.3.01-83 Environmental protection. Soils. General requirements for sampling. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-3-01-83> [Accessed 1st March 2021].
16. GOST 17.4.4.02-2017 Environmental protection. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Available from : <http://docs.cntd.ru/document/1200158951> [Accessed 1st March 2021].
17. GOST 28168-89 Soils. Sampling. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200023554>.
18. GOST P 53123-2008 (ISO 10381-5:2005) Soil quality. Sample selection. Part 5. Guidance for examining urban and industrial sites for soil contamination. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200074384>.
19. *The use of methods for the quantitative determination of nanomaterials at the enterprises of the nanoindustry: Methodical recommendations*. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2010.
20. Order of the State Committee for Ecology of the Russian Federation dated May 16, 2000 No. 372 "On approval of the Regulations on the assessment of the impact of planned economic and other activities on the environment in the Russian Federation". Available from: [https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=373276&dst=1000000001%2C0#04225181759092682](https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=27864&dst=1000000001%2C0#08611060435041569).
21. Urban Planning Code of the Russian Federation dated December 29, 2004 No. 190-FL. Available from: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=373276&dst=1000000001%2C0#04225181759092682>.
22. Fedotov P.S., Ermolin M.S., Karandashev V.K., Ladonin D.V. Characterization of size, morphology and elemental composition of nano-, submicron, and micron particles of street dust separated using field-flow fractionation in a rotating coiled column. *Talanta*. 2014; 130: 1–7.
23. Yearbook. Soil pollution of the Russian Federation with industrial toxicants in 2019. Obninsk: FSBI NPO Typhoon; 2019.
24. Yearbook. Soil pollution of the Russian Federation with industrial toxicants in 2019. Obninsk: FSBI NPO Typhoon; 2020.
25. Ivanova Yu.S., Gorbachev V.N. Heavy metals pollution of soil under the influence of illegal dumping (health and environmental aspects). *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2012; 1: 119–124.
26. Zamotaev I.V., Ivanov I.V., Mikheev P.V., Belobrov V.P. Assessment of the state of soils and vegetation in areas of landfills and municipal solid waste sites (a review). *Eurasian Soil Science*. 2018; 7: 907–924.
27. SanPiN 2.1.7.1287-03 "Sanitary and Epidemiological Requirements for Soil Quality".
28. Hygienic standards HS 2.1.7.2041-06 "Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil."
29. Federal Law of 10.01.2001 No. 7-FL "On Environmental Protection" [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/) (accessed on 01.03.2021).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Iren O. Tuktarova**, Cand. Sci. (Eng.), Professor, Head of Department «Environmental Protection and Prudent Exploitation of Natural Resources», Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Bashkortostan Republic, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4731-1394>50062, e-mail: umrko@mail.ru

**Roman A. Bolotov**, Acting Head of the South Ural Interregional Directorate of the South-Ural Interregional Directorate of the Federal Service for Supervision of Natural Resources Management of Russian Federation, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-8126>, e-mail: rpn02@rpn.gov.ru

**Authors declare the absence of any competing interests.**

*Received: 09.04.2021.*

*Revised: 28.04.2021.*

*Accepted: 14.05.2021.*



# Анализ существующих методологических подходов к проблеме установления границ почвенного загрязнения основными поллютантами и металлсодержащими наночастицами в районах расположения несанкционированных свалок

И.О. Туктарова<sup>1\*</sup> , Р.А. Болотов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

<sup>2</sup> Южно-Уральское межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия

\*Контакты: e-mail: umrko@mail.ru

**РЕЗЮМЕ: Введение.** Несанкционированные свалки – это не разрешенные и не обустроенные в соответствии с действующим законодательством территории, на которых размещаются отходы. Большинство несанкционированных свалок, как промышленных, так и твердых коммунальных отходов (ТКО), относятся к объектам накапленного вреда. В связи с увеличением использования в инженерных материалах наночастиц различного генезиса возникает потребность в оценке их воздействия на компоненты окружающей среды (ОС) и здоровье человека. Одними из основных маркерных веществ, определяющих экотоксикологическое воздействие свалок, являются тяжелые металлы, в том числе поступающие в ОС в форме металлсодержащих наночастиц. Их идентификация, определение процессов горизонтальной и вертикальной миграции, выявление интенсивности негативных процессов являются необходимой информацией для принятия решений по выбору способов и технологий рекультивации нарушенных территорий. В настоящее время отсутствуют нормативные правовые акты (НПА), учитывающие специфику таких объектов при исследовании территорий в рамках инженерно-экологических изысканий (ИЭИ), которые в обязательном порядке предшествуют выполнению проектной документации по рекультивации. Актуальной задачей является разработка методологического подхода к диагностике состояния территорий, нарушенных вследствие размещения отходов, и достоверному определению границ почвенного загрязнения с учетом современных тенденций развития нанотехнологий. **Методы и материалы.** В основу аналитического исследования были положены результаты ИЭИ по четырем несанкционированным свалкам Республики Башкортостан (три свалки твердых бытовых отходов (ТБО) и одна свалка промышленных отходов), проведенных в 2019–2020 годах. **Результаты и обсуждение.** Было проведено изучение достоверности и полноты определения уровня почвенного загрязнения на территории расположения свалок. Выявлены отклонения от требований СП 11-10-97, ГОСТ 17.4.3.01-83 по количеству точек отбора и их пространственному расположению. Установлено, что не были учтены требования статьи 1 и статьи 80.1 Федерального закона от 10.01.2001 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» о выявлении негативных изменений окружающей среды и установлении способности загрязняющих веществ (ЗВ) к миграции в иные компоненты природной среды. **Выводы.** Существующие методологические подходы к установлению границ почвенного загрязнения в районах расположения несанкционированных свалок требуют доработки и конкретизации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** отходы, несанкционированные свалки, почвы, загрязняющие вещества (ЗВ), наночастицы металлов, инженерно-экологические изыскания (ИЭИ), окружающая среда (ОС).

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Туктарова И.О., Болотов Р.А. Анализ существующих методологических подходов к проблеме установления границ почвенного загрязнения основными поллютантами и металлсодержащими наночастицами в районах расположения несанкционированных свалок // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 3. – С. 193–200. – DOI: 10.15828/2075-8545-2021-13-3-193-200.

## ВВЕДЕНИЕ

**Н**есанкционированные свалки являются одними из наиболее распространенных объектов накопленного вреда (негативного воздействия, возникшего в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устраниению которого не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме) и источниками поступления в окружающую среду целого спектра загрязняющих веществ [1–4].

По данным Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы, в результате хозяйственной деятельности к настоящему времени на территории Российской Федерации накоплено 31,6 млрд т отходов, из которых 2–2,3 млрд т являются токсичными [5]. Из 121 внесенных в реестр особо опасных объектов накопленного вреда окружающей среде (ОС) на территории РФ 69 – это свалки и полигоны отходов [6].

Специфика несанкционированных свалок как объектов загрязнения, в первую очередь, заключается в отсутствии информации об отходах, размещаемых на них, и, как следствие, непредсказуемости характера и уровней воздействия. На территориях несанкционированных свалок не ведется контроль состояния и компонентного состава ТКО и не соблюдается установленный период размещения ТКО [7].

При этом основным компонентом ОС, испытывающим негативное влияние, являются почвы, в которых происходит ухудшение морфологических, физических свойств, нарушаются водный, воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный режимы, изменяются условия, необходимые для существования почвенных животных и микроорганизмов, роста и развития растений.

Как показывают исследования [8], при загрязнениях почвы значительному воздействию подвергается система почвенной матрицы и связанная с ней работа всех нанореакторов. При этом нанотехнологические процессы в почвах (образование агрегатов, гумуса, подстилки и др.), которые напрямую связаны с ее плодородием, не учитываются в системе экологического нормирования, хотя именно они могли бы дать решающую информацию о степени деградации почвенных экосистем.

Почва является основным аккумулятором техногенных наночастиц, поступающих в ОС в результате хозяйственной и иной деятельности. Техногенные наночастицы металлов в почве в основном представлены следующими соединениями:  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $AlO$ ,  $CuO$ ,  $Ag$ ,  $MgO$ ,  $FeO_x$ ,  $NiO$ ,  $MnO_x$  [9–13]. Источниками их поступления из свалок в почвы являются отходы упаковочных материалов, бытовой

химии, агрохимических препаратов, отработанных промышленных катализаторов, зола термического обезвреживания отходов и пр.

В структуре нормативных правовых актов [14–18], регламентирующих объемы исследований по определению допустимости негативного воздействия на почвы, мы сталкиваемся с традиционно принятым определением степени деградации по уровню химического загрязнения.

В этом подходе не учтены возможность совместного действия вредных факторов, зависимость воздействия от симбатности факторов, определение экологических рисков и, тем более, определение формы химических соединений (подвижной, неподвижной, макродисперсной, наночастиц и пр.).

Хотя химическое загрязнение почв и грунтов в рамках ИЭИ оценивается по суммарному показателю ( $Z_c$ ), учитывающему аддитивность ЗВ, оно является индикатором неблагоприятного воздействия только на здоровье населения.

Данный методологический подход осложняется отсутствием требований к объемам исследований при изысканиях (количеству проб) для таких сложных объектов, как несанкционированные свалки. Соответственно, возникают сложности с определением зон влияния объектов и степеней деградации почв.

Согласно МР 1.2.2639-10 «Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятияхnanoиндустрии» [19] в ряде контролируемых объектов рекомендовано определять наличие наночастиц в компонентах ОС (атмосферном воздухе, водных объектах, почвах). Наличие данного документа отражает важность комплексного подхода к выявлению степени и характера загрязнений.

В рамках проведения государственной экологической экспертизы все вышеуказанные моменты приобретают особенную важность, т.к. материалы по оценке воздействия на окружающую среду должны быть научно обоснованы, достоверны и отражать результаты исследований, выполненных с учетом взаимосвязи различных экологических факторов [20].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу данной работы были положены результаты анализа ИЭИ за 2019–2020 годы в части достоверности и полноты определения уровня почвенного загрязнения на территории расположения четырех несанкционированных свалок Республики Башкортостан. Проведено изучение соответствия материалов ИЭИ требованиям действующей нормативной документации к геоэкологическому опробованию почв.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

*Свалка № 1* – несанкционированная свалка ТКО. Год начала эксплуатации свалки – 1993 г. Тело свалки представляет собой смесь ТКО, перекрытых слоями изолирующего грунта. Предположительная система складирования отходов – по картам методом надвига.

*Свалка № 2* – несанкционированная свалка ТКО. Свалочное тело представляет собой насыпь с крутыми склонами, частично заросшими сорной растительностью. В теле свалки отсутствуют промежуточные слои изолирующего грунта.

*Свалка № 3* – свалка промышленных отходов. Начало складирования отходов – 1970-е годы. Свалка представляет собой открытый котлован, в котором производилось складирование твердых и смелообразных отходов (различные отработанные катализаторы, содержащие тяжелые металлы) и размещение жидких тяжелых углеводородов в технологических картах.

*Свалка № 4* – несанкционированная свалка ТКО. Свалочное тело представляет собой насыпь мусора, в основном перекрытую грунтом и заросшую сорной растительностью травяного яруса.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый вопрос, с которым сталкиваемся при оценке достаточности материалов ИЭИ, – это количество и пространственное расположение отобранных проб (определение полноты и репрезентативности результатов исследований).

В пункте 4.19 СП 11-102-97 [14] дана ссылка на ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб» [15], в котором имеется следующая рекомендация по количеству проб: не менее одной объединенной пробы на 0,5–1,0 га при неоднородном почвенном покрове и не менее одной объединенной пробы на 1,0–5,0 га при однородном. Область применения [15] – при общих и локальных загрязнениях.

Далее по тексту пункта 4.19 [14] указано, что количество и расположение проб, а также расстояние между пробами устанавливаются в *программе изысканий* в зависимости от вида и назначения проектируемого объекта, природно-техногенных условий района исследований и стадии проектно-изыскательских работ.

В табл. 1 представлены особенности рассматриваемых свалок, влияющие на распространение ЗВ в почвенном профиле и возможность возникновения очагов вторичного загрязнения почв.

Пункт 4.16 [14], устанавливающий требования по оценке загрязнения в зоне влияния хозяйственных объектов, также дает ссылку на программу изысканий – «Размещение точек опробования уста-

навливается в программе изысканий в зависимости от ожидаемой структуры поля загрязнений, геологического строения территории».

Таким образом, качество проведения работ на прямую связано с ответственностью заказчика, составляющего техническое задание на проведение ИЭИ. В ИЭИ по всем объектам в программах изысканий объемы работ ограничиваются и/или привязаны к «территории размещения объекта» в соответствии с данными Градостроительного плана земельного участка [21].

В этом контексте возникает множество юридических ограничений, и отбор проб на смежных территориях в самом лучшем случае осуществляется только в пределах санитарно-защитных зон (СЗЗ) объектов. Хотя почвенные загрязнения в местах расположения свалок часто бывают вторичными, все же часть поллютантов вымывается с атмосферными осадками и грунтовыми водами, обеспечивая аккумуляцию загрязнений на расстоянии от объектов [22–24].

Тот же пункт 4.16 [14] регламентирует, что «принятая система опробования должна обеспечивать изучение зоны загрязнения в плане и в вертикальном разрезе по основным компонентам окружающей среды, выявление источников загрязнения, путей миграции, ареалов и потоков рассеяния и аккумуляции веществ-загрязнителей».

Как видно из табл. 2, количество точек (площадок) отбора не соответствует требованиям [14, 15] в части полноты исследований: неверно выбрана глубина отбора проб. При хроническом антропогенном воздействии (от 30 до 50 лет по объектам исследований), которое складывается на несанкционированных свалках, недопустимо анализировать только поверхностный слой. Опробование грунтов должно проводиться в каждом инженерно-геологическом элементе.

Согласно табл. 1, во всех объектах присутствует загрязнение поверхностных и подземных вод, что при совместном анализе с данными почвенных исследований (табл. 2) может говорить лишь о том, что неверно выбраны точки контроля почв и не установлены пути миграции и достоверная глубина аккумуляции ЗВ.

Важным моментом, показывающим качество исследовательских работ, является определение, наряду с валовыми формами металлов, их подвижных форм. По количеству подвижных соединений металлов оценивают количество доступных для растений микроэлементов, а также экологическое состояние загрязненных почв. Основные механизмы воздействия подвижных форм на почву – комплексообразование и ионный обмен. Установлено, что форма поступления тяжелых металлов в почву существенно влияет

**Таблица 1**  
**Общие данные по объектам исследования**

Наименование показателя	Свалка № 1	Свалка № 2	Свалка № 3	Свалка № 4
Площадь территории свалки, га	18,12	12,05	4,13	10,07
Объем (масса) накопленных отходов	1 434 369 м <sup>3</sup>	442 472 м <sup>3</sup>	30 000 т	850 000 м <sup>3</sup>
Особенности гидрогеологических условий	Подтопляемая территория	Подтопляемая территория	—	Подтопляемая территория, напорные подземные воды
Наличие превышений ПДК ЗВ в грунтовых (подземных водах)	Данные отсутствуют	Сульфат-ион, кальций, магний, литий	Бенз(а)пирен, фенол, никель	БПК, сухой остаток, хлорид-ион, хром, свинец, железо, кадмий, магний, ртуть, барий, литий, нефтепродукты
Наличие превышений ПДК ЗВ в поверхностных водных объектах (в т.ч. донных отложениях)	БПК, взвешенные вещества	Медь, мышьяк, хром, ртуть, свинец, нефтепродукты	Бенз(а)пирен, фенолы, нитрат-ионы	Медь, мышьяк, хром, ртуть, свинец, нефтепродукты
Наличие фильтрата в теле свалки	Да	Нет	Нет	Да
Тип почв прилегающей территории	Урбанизмы, карбонатных черноземов	Урбанизмы, черноземы, выщелоченные среднегумусные среднемощные	Урбанизмы, выщелоченные черноземы	Урбанизмы, выщелоченные черноземы

на трансформацию техногенных соединений и на их распределение [25], а именно тяжелые металлы являются основными ЗВ, поступающими в компоненты ОС с объектов захоронения отходов [26].

В настоящее время существует не так много исследований по определению путей миграции наночастиц в почвах и определению их роли в деградации почвенных экосистем. Однако установлено [9], что природные почвенные коллоиды являются переносчиками наночастиц металлов через почвенные профили. Основные тенденции распространения металловодержащих наночастиц имеют сходную картину с распространением других загрязняющих веществ в почвах, при этом наночастицы обладают более высокой миграционной способностью и биодоступностью.

Контроль качества почв по химическим показателям и определение степени опасности был выполнен в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» [27], в которых установлены требования к качеству почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий (табл. 3). Аддитивная оценка степени хими-

ческого загрязнения почвы и грунтов на участках изысканий производилась на основании суммарного показателя химического загрязнения ( $Z_c$ ), являющегося индикатором неблагоприятного воздействия на население.

В контексте несанкционированных свалок имеет значение не только соблюдение гигиенических нормативов, но и учет других критериев функционирования экосистем – ферментативной активности почвенной микробиоты, потенциального плодородия, потенциальной фито- и зоотоксичности почв, интенсивности нанотехнологических почвенных процессов. Именно они могут дать достоверную информацию о величинах экологического риска и дать долгосрочный прогноз восстановления территорий, что непосредственно может повлиять на технологические решения по ликвидации негативного воздействия и рекультивации нарушенных земель.

Другим подходом к сравнению и оценке уровней химического загрязнения является сопоставление концентраций поллютантов с «фоновыми» значениями – содержанием анализируемых веществ в антропогенно не нарушенных природных объектах-ана-

Таблица 2

Объем исследований в рамках ИЭИ по установлению почвенного загрязнения в районах расположения свалок

Наименование показателя	Свалка № 1	Свалка № 2	Свалка № 3	Свалка № 4
Границы исследуемой территории	В пределах С33 (500 м от границы свалки)	В пределах С33 (115 м от границы свалки)	В пределах С33 (1000 м от границы свалки)	В пределах С33 (320 м от границы свалки)
Количество точек отбора и/или пробных площадок (ПП)	5 скважин по периметру тела свалки, 4 ПП в радиусе 50 м от тела свалки	3 ПП в радиусе 50 м от тела свалки	3 скважины в радиусе 100 м от тела свалки	5 скважин по периметру тела свалки, 3 ПП в радиусе 50 м от тела свалки
Количество проб	20 проб из скважин послойно, 4 объединенные пробы (методом конверта с ПП)	3 объединенные пробы (методом конверта с ПП)	18 проб из скважин послойно	20 проб из скважин послойно, 4 объединенные пробы (методом конверта с ПП)
Вертикальное обследование на глубину	0,0–3,0 м послойно в скважинах 0,0–0,2 м на ПП	0,0–0,2 м на ПП	0,3–15,0 м послойно в скважинах	0,0–3,0 м послойно в скважинах 0,0–0,2 м на ПП
Наличие фоновой пробы, отобранный вне сферы локального антропогенного воздействия	Нет	Нет	Нет	Да
Оценка плодородия почв	Нет	Нет	Нет	Да
Анализ загрязнения по токсико-химическим показателям	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, кобальт, марганец, хром, нефтепродукты, бенз(а)пирен	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, кобальт, нефтепродукты, бенз(а)пирен	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, нефтепродукты, бенз(а)пирен	Никель, медь, цинк, свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, марганец, хром, кобальт, нефтепродукты, бенз(а)пирен
Определение подвижных форм металлов	Нет	Нет	Нет	Нет
Определение наночастиц, в том числе металлсодержащих	Нет	Нет	Нет	Нет
Исследования грунтов основания свалки	Отсутствуют	Отсутствуют	4 точки	2 точки

логах. Однако и данный подход не нашел отражения в ИЭИ по трем объектам из четырех анализируемых.

Еще одно требование СП 11-102-97 [14] в части анализируемых ЗВ не принято во внимание по исследованиям на несанкционированных свалках: пункт 4.29 регламентирует опробование грунтов на содержание легколетучих токсикантов (бензол, толуол, ксиол, этилбензол, хлорированные угле-

водороды, нефть и нефтепродукты) и других загрязнителей, проникающих в подпочвенные горизонты на глубину до 3,0–3,5 м.

По свалкам № 1 и № 4 исследования по нефтепродуктам проводились на глубину до 3,0 м в скважинах и до 0,2 м на ПП, на свалке № 2 – только на ПП до 0,2 м. На свалке промышленных отходов, где органические загрязнители могли быть в составе

**Таблица 3**  
**Категория загрязнения грунтов по СанПиН 2.1.7.1287-03 [27]**

Область исследований	Категория загрязнения по СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы»			
	Свалка № 1	Свалка № 2	Свалка № 3	Свалка № 4
Грунты основания свалки	—	—	Допустимая	Допустимая
Прилегающая территория	Скважины: 0,00–0,20 м (умеренно опасная); 0,2–3,0 м (допустимая)  ПП: умеренно опасная, допустимая	ПП: допустимая, умеренно опасная	Скважины: 0,3–1,0 м; 1,0–2,0 м; 2,0–3,0 м; 3,0–5,0 м (допустимая); 5,0–10,0 м; 10,0–15,0 м (чистая)  1,0–2,0 м; 5,0–10,0 м (допустимая); 0,3–1,0 м; 2,0–3,0 м; 3,0–5,0 м; 10,0–15,0 м (чистая)	ПП: допустимая  1,0–2,0 м; 3,0–5,0 м (допустимая); 0,3–1,0 м; 2,0–3,0 м; 5,0–10,0 м; 10,0–15,0 м (чистая)

размещаемых отходов, все нефтяные углеводороды учтены как «нефтепродукты». Хотя в контексте токсичности и воздействия на почвенные процессы ароматические углеводороды (бензол), в отличие от нефтепродуктов, имеют установленные значения ПДК и более высокий уровень опасности [28].

## ВЫВОДЫ

В настоящее время накоплен большой научно-практический опыт по диагностике почвенных экосистем, подверженных воздействию при несанкционированном размещении и захоронении отходов. Однако требования природоохранной нормативной документации, определяющие состав и структуру исследований в рамках ИЭИ, больше ориентированы на объекты строительства (а не ликвидации накопленного вреда) и соблюдение требований гигиенических нормативов в свете влияния ЗВ на здоровье человека. При этом «негативное воздействие на ОС» в законодательстве определено гораздо шире – как «воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества ОС» [29].

С развитием научных исследований, новых технологий и производств расширяется и перечень веществ, необходимых для диагностики и контроля. В связи

с наличием на свалках разнородных инженерных материалов и формированием особого загрязнения за счет миграции тяжелых металлов рекомендуется расширять подходы к оценке воздействия данных объектов на ОС, в том числе и с учетом экотоксикологического действия металлсодержащих наночастиц.

В настоящее время полнота и достоверность исследований напрямую зависит от квалификации разработчиков изысканий и требований заказчика проектной документации по ликвидации (рекультивации) несанкционированных свалок.

Существующие методологические подходы к установлению границ почвенного загрязнения в районах расположения несанкционированных свалок требуют доработки и конкретизации в части:

- требований к количеству и пространственному распределению точек отбора проб, учитывающих специфику объектов размещения отходов;
- требований к перечню анализируемых веществ с установлением маркерных веществ для каждого объекта;
- учета структурных, генетических, биохимических особенностей почв, для которых проводится оценка воздействия на ОС;
- учета оценки экологического потенциала почв, устойчивости к воздействию и способности к восстановлению.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорская Е.П., Чигарев Р.И. Несанкционированные свалки – стихийный антропогенный фактор на урбанизированных территориях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 5(4). – С. 593–598.
2. Степанов Е.Г., Туктарова И.О., Маликова Т.Ш. Проблемы размещения промышленных отходов на полигонах в индустриальном городе // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – Том 9, № 2. – С. 103–118. – DOI: [10.15828/2075-8545-2017-9-2-103-118](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-2-103-118).
3. Кульсaitova Л.Р., Бахтиярова Р.С., Туктарова И.Ф. Анализ состояния почв на территории объекта размещения отходов // Актуальные проблемы науки и техники-2017: сб. статей, докладов и выступлений X Междунар. науч.-практ. конф. молод. ученых (Уфа, 14 апреля - 19 мая 2017 г.). – Уфа: Издательство «Нефтегазовое дело», 2017. – Т. 1. – С. 182–184.
4. Янгирова З.З., Туктарова И.О. Экогеология урбанизированных территорий: учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019. – 68 с.
5. Паспорт Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/2015/03/ФЦП-Ликвидация-накопленного-экологического-ущерба-на-2014–2025.pdf> (дата обращения 01.03.2021)
6. Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – [http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya\\_nakoplennoego\\_ekologicheskogo\\_ushcherba/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya_nakoplennoego_ekologicheskogo_ushcherba/) (дата обращения 01.03.2021)
7. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». – [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения 01.03.2021)
8. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Нанотехнологии в почве // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – № 1. – С. 4–7.
9. Гладкова М.М., Терехова В.А. Инженерные наноматериалы в почве: Источники поступления и пути миграции // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 17. Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 34–39.
10. Xu C., Peng C., Sun L., Zhang S., Huang H., Chen Y., J. Shi. Distinctive effects of TiO<sub>2</sub> and CuO nanopar-ticles on soil microbes and their community structures in flooded paddy soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 2015; 86: 24–33.
11. Колесников С.И., Тимошенко А.Н., Казеев К.Ш., Акименко Ю.В. Влияние загрязнения наночастицами оксидов никеля и железа на биологические свойства чернозема обыкновенного североприазовского // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1(189). – С. 71–75.
12. Андрусишина И.Н., Голуб И.А., Дицикин Г.Г., Литвин С.Е., Громовой Т.Ю., Горчев В.Ф., Мовчан В.А. Структура, свойства и токсичность наночастиц оксидов серебра и меди // Біотехнологія. – 2011. – Т. 4. – № 6. – С. 51–59.
13. Цицуашвили В.С., Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Раджпут В.Д., Манджиева С.С., Сушкова С.Н., Баурэ Т.В., Бурачевская М.В. Воздействие наночастиц меди на растения и почвенные микроорганизмы (обзор литературы) // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № (3) 39. – С. 93–100.
14. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. – <http://docs.cntd.ru/document/871001220> (дата обращения 01.03.2021)
15. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-3-01-83> (дата обращения 01.03.2021)
16. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – <http://docs.cntd.ru/document/1200158951> (дата обращения 01.03.2021)
17. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб – <http://docs.cntd.ru/document/1200023554>.
18. ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы. – <http://docs.cntd.ru/document/1200074384>
19. Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях наноиндустрии: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 82 с.
20. Приказ Госкомэкологии РФ от 16 мая 2000 г. № 372 «Об утверждении Положения об оценке воздействия наемаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации». – [https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=373276&dst=1000000001%2C0#04225181759092682](https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=27864&dst=1000000001%2C0#08611060435041569).
21. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ. – <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=373276&dst=1000000001%2C0#04225181759092682>.
22. Fedotov P.S., Ermolin M.S., Karandashev V.K., Ladonin D.V. Characterization of size, morphology and elemental composition of nano-, submicron, and micron particles of street dust separated using field-flow fractionation in a rotating coiled column. *Talanta*. 2014; 130: 1–7.
23. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2019 году. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». – 2019. – 118 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

24. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2019 году. — Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», — 2020. — 129 с.
25. Иванова Ю.С., Горбачев В.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами под влиянием несанкционированных свалок (медицинско-экологический аспект) // Ульяновский медицинско-биологический журнал. — 2012. — № 1. — С. 119–124.
26. Замотаев И.В., Иванов И.В., Михеев П.В., Белобров В.П. Оценка состояния почв и растительности в районах размещения свалок и полигонов твердых бытовых отходов (обзор) // Почвоведение. — 2018. — № 7. — С. 907–924.
27. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».
28. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
29. Федеральный закон от 10.01.2001 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». — [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/) (дата обращения 01.03.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Туктарова Ирэн Ольвертовна**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4731-1394>, e-mail: umrko@mail.ru

**Болотов Роман Александрович**, и.о. руководителя Южно-Уральского межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6598-8126>, e-mail: rpn02@rpn.gov.ru

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

*Статья поступила в редакцию: 09.04.2021.*

*Статья поступила в редакцию после рецензирования: 28.04.2021.*

*Статья принята к публикации: 14.05.2021.*

## PUBLICATION ETHICS AND PREVENTION OF MALPRACTICE PUBLICATION

Compliance requirements of publication ethics in the preparation and publication of the journal Science Editor and Publisher apply to all members of the publishing process, i.e., authors, editors, reviewers, and the publisher of the journal. The editorial board monitors compliance with the ethics requirements based on the manuals prepared by international specialized organizations, associations and publishers, as well as the Association of Science Editors and Publishers. The main standards relied on by the journal «Nanotechnologies in construction» are those developed by the Committee on Publication Ethics ([Committee on Publication Ethics](#)) in the United Kingdom, by the [publisher Elsevier](#) (Netherlands), and other non-Russian editorial associations and information systems, as well as the [declaration of «Ethical Principles of Scientific Publications»](#), adopted by the Association of Science Editors and Publishers (Russia).

### **The responsibility of the authors of material for the journal «Nanotechnologies in construction»**

1. The author submits materials for review, which have not been previously published. If the article is based on previously published material which are not academic articles or based on materials presented on the Internet, the author should notify the editorial staff of the journal.
2. The author does not submit the same article to different journals for review.
3. All co-authors consent to the submission of their articles to the journal.
4. The author should inform the editorial staff about a potential conflict of interest. In the case of the absence of any competing interests the author should claim that by writing «Author declare the absence of any competing interests» in the paper.
5. The author takes the necessary steps to ensure the correctness of citations in the submitted article.
6. The list of authors included only individuals who have made significant contributions to the research.
7. The author correctly cites his or her previous work as to avoid self-plagiarism in the manuscript and the artificial increase of volume of publications (salami-slicing).
8. The author, who is acting as the contact with journal, informs all other co-authors of all changes and suggestions from the editorial staff, and does not make decisions regarding the article alone without the written consent of all co-authors.
9. The author properly corresponds with the reviewer through contact with the editor and responds to comments and observations if they arise.
10. If necessary, the authors either adjust the data presented in the article, or refute them.

### **Responsibility of the editors of the journal «Nanotechnologies in construction»**

1. The editors are personally and independently responsible for the content of the materials published and recognize that responsibility. The reliability of the work in question and its scientific significance should always be the basis in the decision to publish.
2. The editors of the journal can check the materials with anti-plagiarism system «Antiplagiat» detecting borrowed fragments to provide copyright protection.
3. The editors make fair and objective decisions, regardless of any commercial considerations and provide a fair and efficient process for the independent review.
4. The editors evaluate manuscripts' intellectual content without regard to race, gender, sexual orientation, religion, origin, nationality, and/or the political preferences of the authors.
5. The editors do not work with articles for which they have a conflict of interest.
6. The editors resolve conflict situations arising during the editorial process, as well as use all available means to resolve these situations.
7. The editors of the journal publish information concerning corrections, rebuttals, and review articles in case the need arises.
8. The editors of the journal do not publish the final version of the article without the consent of the authors.

### The responsibility of the reviewers of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The reviewer evaluates his or her own availability before the examination of the manuscript and accepts materials for review only if the reviewer is able to allow for sufficient time as to ensure the quality of his or her work.
  2. The reviewer must use the form created by the editors and delivered with paper. The reviewer may give extended review.
  3. The reviewer notifies the editorial staff of any conflict of interest (if one exists) before the start of the review of the paper.
- In the case of the absence of any competing interests the reviewer should claim that by writing «The reviewer declares the absence of any competing interests» in the review.
4. The reviewer does not send information about the article and or any of the data contained within the article to any third party.
  5. The reviewer does not use the information obtained from the article for any personal and or commercial purposes.
  6. The reviewer does not make conclusions about the quality of the article on the basis of subjective data, e.g. the personal relationship to the author, gender, age, religion, etc.
  7. The reviewer uses only proper and appropriate language and explanations in respect to the articles, avoiding any personal remarks.

### The responsibility of the publisher of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The publisher not only supports scientific communication and invests in the process, but is also responsible for complying with all current guidelines and standards for publishing scientific work.
2. The publisher does not affect the editorial policy of the journal.
3. The publisher provides legal support to the journal if necessary.
4. The publisher provides for the timely release of future issues of the journal.
5. The publisher publishes changes, explanations, and recalls articles that have been identified to contain scientific misconduct and or critical errors.

### The responsibility of the editor-in-chief of the journal «Nanotechnologies in construction»

1. The editor-in-chief 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 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 board, reviewers.
2. 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.
3. The editor-in-chief, editorial staff, members of the editorial board must not disclose information on the submitted manuscript to the third person except for the author, reviewers, potential reviewers, and the publisher.
4. The information contained in the submitted paper cannot be used in the paper of the editor-in-chief, members of the 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.
5. The editor-in-chief should not review the paper if there is a conflict of the interests evolving from competition, co-operation or other relations with someone from the authors, companies and organizations which are related to the paper.
6. 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.
7. 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.

### Complaints and appeals handling

In the case of incoming complaints and appeals a commission is formed. The commission can consist of the publisher, the editor-in-chief, deputy editor-in-chief, members of editorial council, authors and specialists which are competent in the considering subjects.

An investigation is held and the results of it are reported to all interested parties. According to laws, if it is necessary, the materials are delivered to competent state bodies.

### **Policy of disclosure and conflicts of interest /competing interests**

Unpublished data from manuscripts submitted for consideration can not be used for personal research without the expressed written consent of the author.

Information or ideas obtained through peer review and related actives, which potentially can be beneficial to any party other than the author, must be kept confidential and not be used for personal gain.

The editors and reviewers should not participate in the examination of manuscripts in the event of a conflict of interest that is a result of any competitive, cooperative, and or other interactions and relationships with any of the authors, companies, and or other organizations involved in the creation or presentation of the works.

### **The politics of the journal concerning data exchange and reproducibility**

The journal papers (metadata of papers) are available for free access at the journal's website and at the websites of different citation systems (data bases).

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.

The politics of the journal concerning data exchange and reproducibility are aimed at providing «transparent» science and transparency is a guarantee of high-quality research and innovations.

### **Ethical oversight of the published materials**

The publisher and the editor-in-chief should deal with protection of reputation of the published materials by studying and evaluating claimed or potential delinquency (research, publications, reviews and editorial activities) jointly with scientific community.

That means interaction with the author of the manuscript and detailed consideration of the complaints or declared reclamations. To detect such delinquencies as plagiarism, the editor must use proper license software or systems.

If the editor-in-chief obtains proved evidence of delinquency, he must inform the publisher and the members of editorial council about this, as well as immediately notify the author about necessity to correct the paper or paper retraction (in dependence on the situation).

### **Derivation and plagiarism**

During the consideration of an article, the editorial staff of the journal «Nanotechnologies in construction» may conduct a verification of the submitted materials with the help the Anti-plagiarism system. In the case of the discovery of multiple incidents of content matching, the editorial staff acts in accordance with the rules of COPE.

### **Intellectual property**

The editors should carefully deal with the issues concerning intellectual property and interact with the publisher when settling the cases of probable delinquencies and agreements on intellectual property protection.

The editors aside from using plagiarism detecting tools can also:

- support the authors whose copyright was infringed or those who suffered from plagiarism;
- cooperate with the publisher to protect copyright and to pursue infringer (for example, by applying for paper retraction or removing materials from websites).

### **Discussion of the papers published in the journal. Corrections made after publication**

The editors must be open for the researches that oppose the papers published earlier in the journal; to encourage and to be ready to consider valid criticism of the papers published in the journal.

The authors of the criticized works should have an opportunity to respond the criticism. The papers describing only negative results can also be published.

### **Preprint and postprint policy**

During the submission process, the author must confirm that the article has not been published and or accepted for publication in any other journal. When citing articles published in the journal «Nanotechnologies in construction», the publisher requests the authors to provide a link (the full URL of the material) to the official website of the journal.

Articles, which have been previously posted by the author on personal and or public websites that have no relationship to any other publishers, are allowed to be submitted to the journal.



#### **On the procedure in case of abusive practice (infringement)**

Publisher, editor-in-chief, each member of editorial staff member of editorial board, author, reviewer or reader must comply journal's Publication Ethics and are obliged to report any known facts concerning committed or potential infringement.

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

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

## ЭТИКА НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕДОБРОСОВЕСТНОЙ ПРАКТИКИ ПУБЛИКАЦИЙ

Требования соблюдения публикационной этики при подготовке и издании журнала «Нанотехнологии в строительстве» касаются всех участников редакционно-издательского процесса – авторов, редакторов, рецензентов и издателя, создающих этот журнал. Редакция журнала следит за выполнением требований этики, опираясь на руководства, подготовленные зарубежными профильными организациями, ассоциациями и издательствами, а также Ассоциацией научных редакторов и издателей. Основными документами, на которые опирается редакция журнала «Нанотехнологии в строительстве», являются разработки Комитета по публикационной этике ([Committee on Publication Ethics](#)), Великобритания, [издательства Elsevier](#) (Нидерланды) и других зарубежных редакторских ассоциаций и информационных систем, а также [Декларация «Этические принципы научных публикаций»](#), принятая Ассоциацией научных редакторов и издателей (Россия).

### Ответственность авторов журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Автор отправляет на рассмотрение статью, материалы которой ранее не были опубликованы. Если статья основана на ранее опубликованных материалах не статейного характера или материалы представлены в Интернете, следует уведомить об этом редакцию журнала.
2. Автор не отправляет на рассмотрение одну статью в разные журналы.
3. Все соавторы согласны на представление статьи в журнал.
4. Автор уведомляет редакцию о потенциальном конфликте интересов. Об отсутствии конфликта интересов автор указывает в статье – «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».
5. Автор предпринимает необходимые меры, чтобы убедиться в корректности представленных в статье цитирований.
6. В список авторов включаются только лица, внесшие значительный вклад в проведение исследования.
7. Автор корректно цитирует свои предыдущие работы и избегает самоплагиата в рукописи и искусственно увеличения объема публикаций (*salami-slicing*).
8. Контактный автор уведомляет своих соавторов обо всех изменениях и предложениях со стороны редакции журнала и не принимает решений относительно статьи единолично, без письменного согласия всех соавторов.
9. Автор корректно ведет переписку с рецензентом через редактора и отвечает на комментарии и замечания, если они возникают.
10. При необходимости авторы корректируют представленные в статье данные или опровергают их.

### Ответственность редакторов журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Редакторы журнала самолично и независимо несут ответственность за содержание публикуемых материалов и признают эту ответственность. Достоверность рассматриваемой работы и ее научная значимость всегда должны лежать в основе решения о публикации.
2. Редакторы журнала могут проверить полученные материалы в системе [Антиплагиат](#) по обнаружению заимствований, способствуя защите авторского права.
3. Редакторы принимают честные и объективные решения независимо от коммерческих соображений и обеспечивают честный и эффективный процесс независимого рецензирования.
4. Редакторы оценивают интеллектуальное содержание рукописей вне зависимости от расы, пола, сексуальной ориентации, религиозных взглядов, происхождения, гражданства или политических предпочтений Авторов.
5. Редакторы не работают со статьями, в отношении которых у них есть конфликт интересов.
6. Редакторы журнала разрешают конфликтные ситуации, возникающие в процессе работы, и используют для их разрешения все доступные средства.
7. Редакторы журнала публикуют информацию об исправлениях, опровержениях и отзывах статей в случае возникновения такой необходимости.
8. Редакторы журнала не публикуют конечный вариант статьи без его согласования с авторами.

### Ответственность рецензентов журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Рецензент оценивает свою занятость перед согласием на экспертизу рукописи и соглашается на рецензирование только при наличии достаточного времени на качественную работу.

2. Рецензент использует разработанную редакцией журнала форму, которую он получает вместе со статьей. Рецензент вправе дать более расширенную рецензию.

3. Рецензент предупреждает редакцию о наличии конфликта интересов (если он возник) до начала работы со статьей.

Об отсутствии конфликта интересов рецензент указывает в рецензии – «Рецензент заявляет об отсутствии конфликта интересов».

4. Рецензент не передает сведения о статье и данные, которые в ней содержатся, третьим лицам.

5. Рецензент не использует информацию, полученную из статьи, в личных и коммерческих целях.

6. Рецензент не делает выводов о качестве статьи на основе субъективных данных: личного отношения к автору, его пола, возраста, вероисповедания.

7. Рецензент использует только корректные выражения и объяснения в отношении статьи, не переходит на личности.

### Ответственность издателя журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Издатель не только поддерживает научные коммуникации и инвестирует в данный процесс, но также несет ответственность за соблюдение всех современных рекомендаций в публикуемой работе.

2. Издатель не влияет на редакционную политику журнала.

3. Издатель оказывает юридическую поддержку редакции журнала при необходимости.

4. Издатель обеспечивает своевременность выхода очередных выпусков журнала.

5. Издатель публикует правки, пояснения и отзывает статьи, в которых были выявлены нарушения научной этики или критические ошибки.

### Ответственность главного редактора журнала «Нанотехнологии в строительстве»

1. Главный редактор 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 редколлегией журнала, и такими юридическими требованиями как недопущение клеветы, нарушения авторского права и плагиата. Также при принятии решения по публикации главный редактор может советоваться с членами редсовета, редколлегии, рецензентами.

2. Главный редактор оценивает представленные работы по их интеллектуальному содержанию, невзирая на расу, пол, сексуальную ориентацию, религию, этническое происхождение, гражданство или политические взгляды автора.

3. Главный редактор, сотрудники редакции, члены редколлегии не должны раскрывать информацию о представленной рукописи кому-либо другому, за исключением автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, а также издателя.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Главному редактору следует принимать разумно быстрые меры при поступлении жалоб этического характера в отношении представленной рукописи или опубликованной статьи, имея контакт с редакцией, издателем.

### Обработка жалоб и апелляций

В случае поступления жалоб и апелляций назначается комиссия, в состав которой могут входить: издатель, главный редактор, заместитель главного редактора, члены редакционной коллегии, авторы и специалисты, компетентные в рассматриваемых вопросах. Проводится расследование, результаты которого доводятся всем заинтересованным лицам. При необходимости и в соответствии с законодательством материалы передаются в соответствующие государственные органы.

### Политика раскрытия и конфликты интересов/конкурирующих интересов

Неопубликованные данные, полученные из представленных к рассмотрению рукописей, нельзя использовать в личных исследованиях без письменного согласия Автора.

Информация или идеи, полученные в ходе рецензирования и связанные с возможными преимуществами, должны сохраняться конфиденциальными и не использоваться с целью получения личной выгоды.

Редакторы и рецензенты не должны участвовать в рассмотрении рукописей в случае наличия конфликтов интересов вследствие конкурентных, совместных и других взаимодействий и отношений с любым из авторов, компаниями или другими организациями, связанными с представленной работой.

### Политики журнала в отношении обмена данными и воспроизведимости

Статьи из журнала (метаданные статей) размещаются в открытом доступе на сайте журнала и на сайтах различных систем цитирования (баз данных). 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.

Политика журнала в отношении обмена данными и воспроизведимости в конечном итоге способствует более «открытой» науке, а открытость научной информации есть гарант исследований и инноваций высокого качества.

### Этический надзор за опубликованными материалами

Издатель и главный редактор должны работать над защитой репутации опубликованных материалов путем изучения и оценки заявленных или предполагаемых нарушений (исследований, публикаций, рецензий и редакторской деятельности) совместно с научным сообществом.

Это включает в себя взаимодействие с автором рукописи или тщательное рассмотрение соответствующей жалобы или высказанных претензий. Для выявления таких нарушений, как плагиат, редактор должен пользоваться соответствующими лицензионными системами.

Главный редактор, получивший убедительное свидетельство нарушения, должен сообщить об этом издателю, членам редакколлегии, организуя немедленное уведомление автора о необходимости внесения поправок или отзыва публикации, в зависимости от ситуации.

### Замещивания и плагиат

Редакция журнала «Нанотехнологии в строительстве» при рассмотрении статьи может произвести проверку материала с помощью системы [Антиплагиат](#). В случае обнаружения многочисленных замещений редакция действует в соответствии с правилами [COPE](#).

### Интеллектуальная собственность

Редакторы должны внимательно относиться к вопросам, касающимся интеллектуальной собственности, и взаимодействовать с издателем при урегулировании случаев возможных нарушений законов и соглашений об охране интеллектуальной собственности.

Редакторы, кроме применения инструментов обнаружения плагиата, могут также:

- поддерживать авторов, чье авторское право было нарушено, или тех, кто стал жертвой плагиата;
- быть готовыми к совместной работе с издателем по защите авторских прав и к преследованию нарушителей (например, путем подачи запросов для отзыва статей или удаления материалов с веб-сайтов).

### Обсуждение работ, опубликованных в журнале. Исправления после публикаций

Редакторы должны быть открытыми для исследований, которые оспаривают предыдущие работы, опубликованные в журнале; поощрять и с готовностью рассматривать обоснованную критику работ, публикуемых в их журнале.

Авторы критикуемых материалов должны иметь возможность ответить на критику. Работы, сообщающие только об отрицательных результатах, также могут публиковаться.

#### **Политика размещения препринтов и постпринтов**

В процессе подачи статьи автору необходимо подтвердить, что статья не была опубликована или не была принята к публикации в другом научном журнале. При ссылке на опубликованную в журнале «Нанотехнологии в строительстве» статью издательство просит размещать ссылку (полный URL материала) на официальный сайт журнала.

К рассмотрению допускаются статьи, размещенные ранее авторами на личных или публичных сайтах, не относящихся к другим издательствам.

#### **О процедурах в случае злоупотреблений (нарушений)**

Издатель, главный редактор, каждый сотрудник редакции, член редакционной коллегии, автор, рецензент и читатель обязаны соблюдать этику научных публикаций в журнале действующих законов, правил или положений и обязуются сообщать о любых известных у случаях уже совершенного или потенциального злоупотребления (нарушения).

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

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



## AUTHOR GUIDELINES

### Admission of articles

#### The authors submit to the editors:

- electronic manuscript by e-mail: info@nanobuild.ru;
- 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 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](http://www.nanobuild.ru)), citation systems (data bases). All that authors indicate in the cover letter. More details about the license Creative Commons CC-BY are available here <http://creativecommons.ru/>.

#### When submitting articles to the journal, it is presumed that:

- the work has not been previously published in any other journal;
- the article is not under consideration in any other journal;
- all co-authors consent to the publication of the article;
- there is implicit or explicit consent of the organization in which the study was conducted.

#### Information about the conflict of interest

The article should include any actual or potential conflict of interest. If there is no conflict of interest, you should write that «the author declares no conflict of interest.»

**When submitting a manuscript to the journal, authors should ensure** that the content of the paper corresponds the topic of the journal; the structure and the format of the paper meet the editorial requirements; all citations are properly formatted and the source of tables and figures are shown (unless otherwise indicated, it is assumed that the tables and figures created by the author).

#### Basic the sections of the journal:

- construction material science;
- the study of the properties of nanomaterials;
- the results of the specialists' and scientists' researches;
- manufacturing technology for building materials and products;
- international scientific and technical cooperation;
- overview of inventions in the field of nanotechnology;
- development of new materials;
- rational use of natural sources;
- efficient use of recycled resources;
- the application of nanotechnology and nanomaterials;
- system solutions for technological problems;
- in related sectors;
- forums, exhibitions, conferences and events in the area of construction and nanoindustry.

**These are the topics of the papers published in the journal:** creation of new functional materials; nanostructured systems strength and penetrability formation theory development; the problems of nanomaterials and nanotechnologies implementation in construction and building materials; cement and other binders with mineral and organic additives; diagnostics of building systems nanostructures and nanomaterials; modification of building materials with nanofibers; disperse composite materials with nanocoating; formation of nanostructure coatings by means of laser sputtering; technologies aimed at studying nanomaterial properties; the systems of teaching the fundamentals of nanotechnologies; technological principles of nanostructures creation (liquid melts, sol and gel synthesis). The topics may be different, directly or indirectly related to the areas mentioned above.

**The journal can also publish:** original papers; reviews; discussing materials, comments, other information materials.

## The structure of the paper

Article type (In English)

**Title** (In English)

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

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

**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, novelty, contain main results of research, structured according to IMRAD (Introduction, Methods and Materials, Results and Discussion), compact – 200–250 words) (In English)

**KEYWORDS:** (In English)

**ACKNOWLEDGMENTS:** (if available) (In English)

**FOR CITATION:** (In English)

**Text of the paper:** (In English, number of words 3000–6000)

- **INTRODUCTION**
- **METHODS AND MATERIALS**
- **RESULTS**
- **DISCUSSION**
- **CONCLUSIONS**

**REFERENCES** (In English)

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S)** (In English)

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

**All authors declare the absence of any competing interests.**

Article type (In Russian)

**Title** (In Russian)

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

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

**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, novelty, contain main results of research, structured according to IMRAD (Introduction, Methods and Materials, Results and Discussion), compact – 200–250 words) (In Russian)

**KEYWORDS:** (In Russian)

**ACKNOWLEDGMENTS:** (if available) (In Russian)

**FOR CITATION:** (In Russian)

**Text of the paper:** (In Russian, number of words 3000–6000)

- **INTRODUCTION**
- **METHODS AND MATERIALS**
- **RESULTS**
- **DISCUSSION**
- **CONCLUSIONS**

**REFERENCES** (In Russian)

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR(S)** (In Russian)

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

**All authors declare the absence of any competing interests.**

## Manuscript text

### File format

The editors accept texts saved using Microsoft Word in .rtf format.

### Text layout

- Use the font Times New Roman, font size – 14 pt., and 1.5 line spacing;
- Do not use an underscore in the text (for subtitles – use bold, to highlight text – use italics);
- Non-Russian languages titles (journals, organizations, etc.) should be left in the original, enclosed in quotes.

### Abbreviations

All abbreviations should be defined when first used. If the article contains a large number of abbreviations, a list deciphering each of them can be included before the text of the article

### Tables and Figures

All tables and figures must be numbered and identified, they should be a reference in the text. The tables should not contain empty columns. Figures should be of good quality, suitable for printing. Figures should be submitted together with the article, with each figure submitted as an individual file.

One way to check the quality of the image, is to increase its size using any image manipulation software. A high quality image is not burred or distorted when enlarged.

### Footnotes

If necessary, use footnotes with continuous numbering (Arabic numerals) throughout the document. Footnotes can be quotes from the works mentioned in the text, for more information.

### Citations and bibliography

The journal requires the use of the Vancouver citation style (a reference in the text in square brackets, full bibliographic description of the source in the bibliography in the order mentioned in the text of the article).

### References

The list of references includes sources used in the text.

References accepted for publication but not yet published articles must be labeled with the words "in press"; authors should obtain written permission to refer to these documents and evidence that they are accepted for publication. Information from unpublished sources must be marked with the words "unpublished data / documents," the authors must also receive written confirmation of the use of such materials.

#### References to non-Russian language articles:

Surname Initials, Surname Initials Article title. Name of journal. Year, Volume (Number): 00-00. DOI: 10.13655/1.6.1234567.

*Example:* Bokova E.S., Kovalenko G.M. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophylic Polymers for the Production of Membrane Materials. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 2020; 4(142): 49-51. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0933

#### References to non-Russian language monographs:

With 1–3 authors:

Surname initials, Surname initials. Book title. Number of reprinting. City: Publisher; The year of publishing.

Indication to the editor or compiler:

Surname initials. Surname initials, Surname initials, editors. Title. Number of reprinting. City: Publisher; Year of publishing.

*Example:* Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. New York: McGraw-Hill; 2006.

Harris B. Fatigue in composites. England: Woodhead Publish Lmt.; 2003.

Journal title and the title of monographs and collections are written in italics. After the initials a period (.) is used. Between the author's name and initials no comma is used.

**Reference to Russian language sources:**

*Example:* Lindorf L.S., Mamikonians L.G. Operation of turbine-generator with direct cooling. Moscow: Energia; 1972. (In Russ.)

**References to internet sources:**

The name of the material on the site [site]. Name of the site; year [updated: date of update; date of citation]. Available: link to the site.

Note: preferably indicate a link to the material from the site, which is mentioned in the article. A link to your homepage is not informative and does not allow for verification of the information.

## Copyright Notice

Authors who publish in journal agree to the following:

1. Authors retain copyright of the work and provide the journal right of first publication of the work.
2. The authors retain the right to enter into certain contractual agreements relating to the non-exclusive distribution in the published version of the work here form (eg, post it to an institutional repository, the publication of the book), with reference to its original publication in this journal.
3. The authors have the right to post their work on the Internet (eg in the institute store or personal website) prior to and during the review process of its data log, as this may lead to a productive discussion and a large number of references to this work.

## Privacy Statement

Specified when registering the names and addresses will be used solely for technical purposes of a contact with the Author or reviewers (editors) when preparing the article for publication. Private data will not be shared with other individuals and organizations.



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

### Прием статей

#### Авторы представляют в редакцию:

- рукописи в электронном виде по e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru);
- 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 размещением в открытом доступе полных текстов статей (их составных частей или метаданных) в Интернете на сайте издания ([www.nanobuild.ru](http://www.nanobuild.ru)), в системах цитирования (базах данных). Об этом авторы указывают в сопроводительном письме. Подробно о лицензии Creative Commons CC-BY смотрите здесь <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

#### Представление статьи в журнал подразумевает, что:

- работа не была опубликована ранее в другом журнале;
- не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией статьи;
- получено согласие – неявное или явное – организации, в которой исследование было проведено.

#### Информация о конфликте интересов

В статье следует указать на реальный или потенциальный конфликт интересов. Если конфликта интересов нет, то следует написать, что «автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

**При представлении рукописи в журнал авторы должны убедиться**, что содержание статьи соответствует тематике журнала; структура статьи и оформление соответствуют требованиям редакции; все цитирования оформлены корректно, указаны источники для таблиц и рисунков (если не указано иное, предполагается, что таблицы и рисунки созданы автором).

#### Основные разделы журнала:

- строительное материаловедение;
- исследование свойств наноматериалов;
- результаты исследований ученых и специалистов;
- технологии производства строительных материалов и изделий;
- международное научно-техническое сотрудничество;
- обзор изобретений в области наноиндустрии
- разработка новых материалов;
- рациональное использование природных ресурсов;
- эффективное использование вторичного сырья;
- применение нанотехнологий и наноматериалов;
- системные решения технологических проблем;
- в смежных отраслях;
- форумы, выставки, конференции, мероприятия строительной отрасли и наноиндустрии.

**В журнале публикуются работы по следующим темам:** создание новых функциональных материалов; разработка теории формирования прочности и непроницаемости наноструктурированных систем; проблемы применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве и строительных материалах; цементные и другие вяжущие с минеральными и органическими добавками; диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем; технологии исследования свойств наноматериалов; модифицирование строительных материалов нановолокнами; дисперсные композиционные материалы с нанопокрытием; формирование наноструктурных покрытий лазерным напылением; системы преподавания основ нанотехнологий; технологические принципы создания наноструктур (расплавы, золь-гелевый синтез и др.). Тематика статей может быть иной, прямо или косвенно связанной с перечисленными направлениями.

**Журнал принимает к публикации:** оригинальные статьи; обзоры; дискуссионные материалы, комментарии, другие информационные материалы.

## Структура статьи

Тип статьи (на английском языке)

**Заглавие** (на английском языке)

**Автор(ы)** (на английском языке): обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (необходимо указывать ORCID авторов – зеленый значок рядом с фамилией с указанной под ним гиперссылкой на страницу ORCID на orcid.org)

\***Контакты:** e-mail:

**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 новизну, основные результаты исследований, структурированными по IMRAD (Introduction, Methods and Materials, Results and Discussion), 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)

**Статья** (на английском языке, объем – 3–6 тыс. слов):

- **ВВЕДЕНИЕ**
- **МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ**
- **РЕЗУЛЬТАТЫ**
- **ОБСУЖДЕНИЕ**
- **ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:** (на английском языке)

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ(АХ):** (на английском языке)

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

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

УДК

Тип статьи (на русском языке)

**Заглавие** (на русском языке)

**Автор(ы)** (на русском языке): обязательное указание места работы каждого автора, город, страна (на русском языке) (необходимо указывать ORCID авторов – зеленый значок рядом с фамилией с указанной под ним гиперссылкой на страницу ORCID на orcid.org)

\***Контакты:** e-mail:

**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 новизну, основные результаты исследований, структурированными по IMRAD (введение, методы и материалы, результаты, обсуждение, заключение (выводы)), 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)

Статья (на русском языке, объем – 3–6 тыс. слов)

- **ВВЕДЕНИЕ**
- **МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ**

- РЕЗУЛЬТАТЫ
- ОБСУЖДЕНИЕ
- ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:** (на русском языке)

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

Фамилия, имя, отчество (при наличии), ученая степень, ученое звание, должность, место работы, город, страна, e-mail

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## Оформление текста рукописи

### Формат

Редакция принимает тексты, сохраненные в программе Microsoft Word в формате .rtf.

### Оформление

- используйте шрифт 14 Times New Roman и интервал 1,5 строки;
- не используйте подчеркивание внутри текста (для подзаголовков используйте полужирное начертание, для выделения в тексте – курсив);
- иностранные названия (журналов, организаций и т.д.) следует оставлять в оригинале, заключать в кавычки.

### Аббревиатуры

Все аббревиатуры должны быть расшифрованы при первом употреблении. Если аббревиатур много, можно сделать список с расшифровкой каждой из них перед текстом статьи.

### Таблицы и рисунки

Все таблицы и рисунки должны быть пронумерованы и названы, на них должна быть ссылка в тексте статьи. В таблицах не должно быть пустых граф. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Прикладываются к статье отдельными файлами.

Чтобы проверить качество изображения, можно увеличить его. Хорошее изображение не размывается при увеличении.

### Сноски

При необходимости используются сноски со сквозной нумерацией (арабские цифры) по всему документу. В сносках могут быть цитаты из работ, которые упоминаются в тексте, дополнительная информация.

### Оформление цитат и списка литературы

В журнале принят Ванкуверский стиль цитирования (ссылка в тексте в квадратных скобках, полное библиографическое описание источника в списке литературы в порядке упоминания в тексте статьи).

### Список литературы

В список литературы включаются источники, используемые в тексте статьи. Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи, должны быть помечены словами «в печати»; авторы должны получить письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они приняты к печати. Информация из неопубликованных источников должна быть отмечена словами «неопубликованные данные/документы», авторы также должны получить письменное подтверждение на использование таких материалов.

### Ссылки на статьи из иностранных источников:

<sup>1</sup>Фамилия И.О., <sup>2</sup>Фамилия И.О. Название статьи. Название журнала. Год; Том (Номер): 00-00. DOI: 10.13655/1.6.1234567.

Пример: Bokova E.S., Kovalenko G.M. Electrospinning of Fibres Using Mixed Compositions Based on Polyetherurethane and Hydrophylic Polymers for the Production of Membrane Materials. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 2020; 4(142): 49-51. DOI: 10.5604/01.3001.0014.0933

#### Ссылки на монографии на иностранном языке:

С 1–3 авторами:

<sup>1</sup>Фамилия И.О., <sup>2</sup>Фамилия И.О. Название книги. Номер переиздания. Город: Издательство; Год издания.

#### Указание на редактора или составителя:

<sup>1</sup>Фамилия И.О., <sup>2</sup>Фамилия И.О., <sup>3</sup>Фамилия И.О., редакторы. Название. Номер переиздания. Город: Издательство; Год издания.

Пример: Mehta P.K., Monteiro P.J.M. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. New York: McGraw-Hill; 2006.

Harris B. Fatigue in composites. England: Woodhead Publish Lmt.; 2003.

#### Глава из монографии или сборника:

<sup>1</sup>Фамилия И.О. <sup>1</sup>Название. В: <sup>2</sup>Фамилия И.О., редактор. <sup>2</sup>Название. Номер переиздания. Город: Издательство; Год издания.

Название журнала и название монографий и сборников выделяется курсивом, после инициалов ставятся точки. Между фамилией автора и инициалами запятая не ставится.

#### Ссылки на статьи на русском языке

<sup>1</sup>Фамилия И.О., <sup>2</sup>Фамилия И.О. Название статьи // Название журнала. – Год. – Том (Номер):00-00. [<sup>1</sup>Familia I.O., <sup>2</sup>Familia I.O. Перевод названия статьи. Транслит названия журнала/Официальное название на английском языке. Год; Том (Номер):00-00. (In Russ.)]]

Пример: Иванов Л.А., Муминова С.Р. Нанотехнологии и наноматериалы: обзор новых изобретений. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве. – 2017. – 9 (1): 88–106. – DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106.

[Ivanov L.A., Muminova S.R. Nanotechnologies and nanomaterials: review of inventions. Part 1. Nanotechnologies in Construction. 2017; 9 (1): 88–106. DOI: 10.15828/2075-8545-2017-9-1-88-106. (In Russian)]

#### Ссылки на монографии на русском языке:

<sup>1</sup>Фамилия И.О. Название монографии. – Город: Издательство, год. – 000 с. [<sup>1</sup>Familia I.O. Перевод названия монографии. Gorod: Izdatelstvo; god. (In Russ.)]

Пример: Линдорф Л.С., Мамиконянц Л.Г. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. – М.: Энергия, 1972. – 352с.

#### Ссылки на интернет-ресурсы:

Название сайта [Электронный ресурс] – URL. – (дата обращения).

Примечание: предпочтительно указывать ссылку на материал с сайта, который упоминается в статье. Ссылка на главную страницу не информативна и не дает возможность проверить информацию.

## Авторские права

Авторы, публикующие в журнале, соглашаются со следующим:

1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации работы.

2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договорённости, касающиеся неэксклюзивного распространения версии работы в опубликованном здесь виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге), со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.

3. Авторы имеют право размещать их работу в сети Интернет (например, в институтском хранилище или на персональном сайте) до и во время процесса рассмотрения ее данным журналом, так как это может привести к продуктивному обсуждению и большему количеству ссылок на данную работу.

## Приватность

Имена и адреса электронной почты, введенные на сайте этого журнала, будут использованы исключительно для целей, обозначенных этим журналом, и не будут использованы для каких-либо других целей или представлены другим лицам и организациям.