

#### Концепция журнала

Журнал Computational nanotechnology публикует рецензируемые научно-исследовательские работы по математическому моделированию процессов при создании наноструктурированных материалов и устройств. Разработка устройств наноэлектроники, нанопроцессов нуждается в привлечении квантовых вычислений, позволяющих проводить прогнозирование структуры вещества. Работа над нанопроцессами требует разработки квантовых компьютеров с принципиально новой архитектурой.

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал «Computational nanotechnology» включен в **Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук** (<http://vak.ed.gov.ru/>) по следующим специальностям:

#### 1.2. Компьютерные науки и информатика

- 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение
- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
- 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика
- 1.2.4. Кибербезопасность

#### 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации

- 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации
- 2.3.2. Вычислительные системы и их элементы
- 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
- 2.3.4. Управление в организационных системах
- 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей
- 2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность
- 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования
- 2.3.8. Информатика и информационные процессы

#### 2.6. Нанотехнологии и наноматериалы

- 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

**Научное цитирование журнала:** Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ), East View Information Services, Ulrichsweb Global Periodicals Directory, CrossRef, MathNet.

**Редакционная политика** Издательского дома «Юр-БАК» основывается на принципах, сформулированных Комитетом по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics), и соблюдает Кодекс этики научных публикаций Некоммерческого партнерства «Комитет по этике научных публикаций».

#### Рецензирование

Все статьи, публикуемые в журнале, проходят двойное рецензирование, а также проверяются программой Антиплагиат по базам РИНЦ, РГБ. Подробные правила рецензирования представлены на сайте Издательского дома «Юр-БАК» [www.urvak.ru](http://www.urvak.ru)

**Главный научный редактор, председатель редакционной коллегии** – *Попов Александр Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор, г. Москва, Российская Федерация

**Главный редактор, директор по маркетингу** – *Ястребова Елена Владимировна*, канд. физ.-мат. наук, Издательский дом «Юр-БАК», г. Москва, Российская Федерация

**Компьютерная верстка номера** – *Попова Н.*

**Перевод текста** – *Кожалиева А.*

**Дизайн обложки** – *Иванов О.*

**Журнал выпускается при участии:** Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН, Физико-технический институт Академии наук Республики Узбекистан

**Наименование органа, зарегистрировавшего издание**

Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Регистрационный номер и дата принятия решения о регистрации: ПИ № ФС77-58561 от 14.07.2014  
ISSN 2313-223X Print  
ISSN 2587-9693 Online

**ISSN**

**Периодичность**

4 раза в год

**Учредитель и издатель**

«Издательский дом «Юр-БАК», г. Москва, Российская Федерация

**Адрес учредителя и издателя**

121069, г. Москва, ул. Поварская, д. 23А/21

**Типография**

ТИРАЖИ.RU г. Москва, ул. Правды, д. 24, стр. 5, тел. (495) 585-08-95

**Сайт**

<http://www.urvak.ru>

**E-Mail**

[cn@urvak.ru](mailto:cn@urvak.ru)

**Телефон редакции**

8-495-932-47-09, 8-916-393-18-27

**Адрес редакции**

121069, г. Москва, ул. Поварская, д. 23А/21

**Подписка и распространение**

Журнал распространяется только по подписке.

Индекс по каталогу агентства «Почта России»:

**ПО573** «Computational nanotechnology».

Свободная цена.

Агентство «Урал-Пресс», <http://www.ural-press.ru>

**Тираж**

140 экз. Формат 60 × 84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.

Печ. л. 10,125

**Дата выхода в свет**

30.09.2023

**The concept of the Journal**

"Computational nanotechnology" journal publishes peer-reviewed scientific research works on mathematical modeling of processes while creating nanostructured materials and devices. The development of nanoelectronics devices, nanoproceses needs to involve quantum computing allowing prediction of the structure of matter. Work on nanoproceses requires the development of quantum computers with a fundamentally new architecture.

In accordance with the decision of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of Russia, the journal "Computational Nanotechnology" is **included in the List of leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences should be published** (<http://vak.ed.gov.ru/>).

The journal publishes peer-reviewed scientific articles on the following scientific specialties:

**Computer Science**

Artificial Intelligence and Machine Learning  
Mathematical Modeling, Numerical Methods and Complex Programs  
Theoretical Informatics, Cybernetics  
Cybersecurity

**Information Technology and Telecommunication**

System Analysis, Management and Information Processing  
Elements of Computing Systems  
Automation of Manufacturing and Technological Processes  
Management in Organizational Systems  
Mathematical and Software of Computers, Complexes and Computer Networks  
Information Security  
Computer Modeling and Design Automation Systems  
Informatics and Information Processing

**Nanotechnology and Nanomaterials**

Nanotechnology and Nanomaterials

**The Journal is indexed and distributed by:** Russian Science Citation Index (RSCI), East View Information Services, Ulrichsweb Global Periodicals Directory, CrossRef, MathNet.

**The editorial policy** of the Publishing House «Yur-VAK» is based on the principles formulated by the Committee on Publication Ethics and complies with the Code of Ethics for Scientific Publications of non-profit organization "Committee on the Ethics of Scientific Publications".

**Peer review**

All articles published in the journal undergo double peer review, and are also checked by the Anti-Plagiarism program at the RSCI and RSL bases. Detailed review rules are presented on the website of the Publishing House "Yur-VAK" [www.urvak.ru](http://www.urvak.ru)

**Editor-in-chief** – *Alexander M. Popov*, the Doctor of Science in Physics and Mathematics, professor of the Lomonosov Moscow State University, the full member of the Russian Academy of Natural Sciences on department "Applied mathematics and management", the member of the American Physical society, Moscow, Russian Federation

**Deputy Editor-in-Chief** – *Elena V. Yastrebova*, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Publishing House "Yur-VAK", Moscow, Russian Federation

**Computer layout of the number** – *Popova N.*

**Translator** – *Kozhalieva A.*

**Cover Design** – *Ivanov O.*

The journal is published with the participation of: Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation), Materials Science Institute Khabarovsk scientific center of Far East office of the Russian Academy of Sciences (Khabarovsk, Russian Federation), Physical-technical Institute, "Physics-Sun", Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan)

**Name of the authority that registered the publication**

The publication is registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor). Media Registration Certificate: PI № FS77-58561 dated 14.07.2014

**ISSN**

ISSN 2313-223X Print  
ISSN 2587-9693 Online

**Publication Frequency**

4 times a year

**Founder**

"Yur-VAK" Publishing House, Moscow, Russian Federation

**Printing House**

TIRAZHI.RU Moscow, Pravda str., 24, bld. 5, phone: (495) 585-08-95

**Web-site**

<http://www.urvak.ru>

**Postal address**

23A/21, Povarskaya str., Moscow, 121069, Russian Federation

**E-Mail**

[cn@urvak.ru](mailto:cn@urvak.ru)

**Tel.**

8-495-932-47-09, 8-916-393-18-27

**Subscription**

The journal is distributed by subscription only.  
Index according to the catalog of the « Pochta Russia»:  
**PO 573** «Computational nanotechnology». Free price

**Circulation**

140 copies. Format 60 × 84 1/8. Offset printing. Offset paper No. 1.  
Pr. sh. 10,125

**The official public release date**

30.09.2023

## СОСТАВ РЕДКОЛЛЕГИИ И РЕДСОВЕТА ЖУРНАЛА "COMPUTATIONAL NANOTECHNOLOGY"

**Главный научный редактор,  
председатель редакционной коллегии журнала**

**Попов Александр Михайлович** – д-р физ.-мат. наук, Заслуженный профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, действительный член РАЕН по отделению «Прикладная математика и управление», член Американского Физического общества, Лауреат Ломоносовской премии первой степени, г. Москва, Российская Федерация

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

**Абдикеев Нияз Мустякимович** – д-р техн. наук, профессор, директор института промышленной политики и институционального развития, Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, Российская Федерация

**Андреев Валерий Филиппович** – д-р физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской Академии Наук, г. Москва, Российская Федерация

**Афонин Андрей Николаевич** – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры материаловедения и нанотехнологий Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Российская Федерация

**Баракнин Владимир Борисович** – д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории информационных ресурсов Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий; заведующий кафедрой математического моделирования механико-математического факультета Новосибирского государственного университета, г. Новосибирск, Российская Федерация

**Белов Александр Владимирович** – профессор, руководитель департамента прикладной математики МИЭМ им. А.Н. Тихонова НИУ ВШЭ, г. Москва, Российская Федерация

**Бестугин Александр Роальдович** – д-р техн. наук, декан Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, заведующий кафедрой микро- и нанотехнологий аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Борисов Вадим Владимирович** – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры управления и интеллектуальных технологий Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация

**Воеводин Владимир Валентинович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корр РАН, зам. директора НИВЦ МГУ им. М.В. Ломоносова, зав. кафедрой суперкомпьютеров и квантовой информатики, г. Москва, Российская Федерация

**Грушо Александр Александрович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, член-корр. Академии криптографии РФ, иПИ ФИЦ ИУ РАН, ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

**Днестровский Юрий Николаевич** – д-р физ.-мат. наук, профессор, академик РАЕН, ведущий научный сотрудник Национального Исследовательского центра «Курчатовский институт» (Институт ядерного синтеза), лауреат Государственной премии СССР (1981), лауреат Ломоносовской премии МГУ I-й степени (1976), лауреат Курчатовской премии РНЦ «Курчатовский институт» (2001), г. Москва, Российская Федерация

**Елизаров Георгий Сергеевич** – д-р техн. наук, директор ФГУП НИИ «Квант», лауреат Ленинской премии, г. Москва, Российская Федерация

**Заводинский Виктор Григорьевич** – д-р физ.-мат. наук, профессор, директор Института материаловедения Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения Российской Академии Наук, г. Хабаровск, Российская Федерация

**Золотова Татьяна Валерьяновна** – доктор физико-математических наук, доцент; Финансовый университет при Правительстве РФ, профессор Департамента анализа данных и машинного обучения

**Крук Евгений Аврамович** – д-р техн. наук, профессор, лау-

## THE EDITORIAL BOARD AND THE EDITORIAL COUNCIL OF "COMPUTATIONAL NANOTECHNOLOGY" JOURNAL Scientific Chair of the Editorial Board

**Alexander M. Popov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor of the Lomonosov Moscow State University, the full member of the Russian Academy of Natural Sciences on Department of Applied mathematics and management, the member of the American Physical Society, Moscow, Russian Federation

### EDITORIAL BOARD

**Niyaz M. Abdikeev** – Dr. Sci. (Eng.), Director of the Institute for Industrial Policy and Institutional Development of the Finance University the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

**Valery F. Andreyev** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), senior research associate of Institute of Problems of Safe Development of Nuclear Power of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

**Andrej N. Afonin** – Dr. Sci. (Eng.), professor, Department of Materials Science and Nanotechnologies of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation

**Vladimir B. Barakhnin** – Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor; leading researcher at the Laboratory of Information Resources; Head at the Department of Mathematical Modeling of the Faculty of Mechanics and Mathematics of the Federal Research Center for Information and Computing Technologies of the Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

**Alexander V. Belov** – Professor, Head of the School of Applied Mathematics, HSE Tikhonov Moscow Institute of Electronics and Mathematics (MIEM HSE)

**Alexander R. Bestugin** – Dr. Sci. (Eng.), the dean of St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, to the Head of the Department Mikro- and Nanotechnologies of Space Instrument Making, St. Petersburg, Russian Federation

**Borisov Vadim Vladimirovich** – Dr. Sci. (Eng.), Professor; Professor at the Department of Management and Intellectual Technologies of the National Research University MPEI, Moscow, Russian Federation

**Vladimir V. Voevodin** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, deputy director of SRCC Lomonosov Moscow State University, chair of Department of Supercomputers and Quantum Informatics, Moscow, Russian Federation

**Aleksandr A. Grusho** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Javascript Cryptography, Federal Research Center of Informatics and Management of the Russian Academy of Sciences, professor of the Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

**Yury N. Dnestrovsky** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, academician of the Russian Academy of Natural Sciences, leading researcher of the National Research Center "Kurchatov Institute" (Institute of Nuclear Synthesis), Moscow, Russian Federation

**Georgy S. Yelizarov** – Dr. Sci. (Eng.), the director of Federal State Unitary Enterprise Scientific Research Institute "Kvant", Moscow, Russian Federation

**Victor G. Zavodinsky** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Director of Materials Science Institute Khabarovsk Scientific Center of Far East Office of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russian Federation

**Tatyana V. Zolotova** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor; Financial University under the Government of the Russian Federation, Professor of the Department of Data Analysis and Machine Learning

**Yuri G. Kabaldin** – Dr. Sci. (Eng.), Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

реат премии правительства Санкт-Петербурга, Заслуженный деятель науки РФ, директор Института информационных систем и защиты информации (СПбГУАП), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Левин Владимир Константинович** – действительный член РАН, член Бюро Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН, д-р техн. наук, профессор, научный руководитель ФГУП НИИ «Квант», лауреат Ленинской премии и Государственной премии, г. Москва, Российская Федерация

**Лившиц Александр Валерьевич** – д-р технических наук, профессор, проректор по научной работе Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

**Мельников Александр Владимирович** – д-р физ.-мат. наук, заместитель руководителя отделения токамаков Курчатовского комплекса термоядерной энергетики и плазменных технологий НИЦ «Курчатowski институт», профессор кафедры физики плазмы Национального ядерного университета МИФИ, г. Москва, Российская Федерация

**Молотков Сергей Николаевич** – д-р физ.-мат. наук, член-корр. Академии Криптографии РФ, главный научный сотрудник Института физики твердого тела РАН, г. Москва, Российская Федерация

**Неелов Игорь Михайлович** – д-р физ.-мат. наук, зав. международной лабораторией моделирования биополимеров и биосистем института биоинженерии, профессор кафедры информационных технологий топливно-энергетического комплекса (ИТТЭК) Университета информационных технологий, механики и оптики ИТМО, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Никонов Владимир Глебович** – д-р техн. наук, член президиума РАЕН, народный художник России, г. Москва, Российская Федерация

**Ожигов Юрий Игоревич** – доктор физико-математических наук, профессор; Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики, зам. зав. кафедры суперкомпьютеров и квантовой информатики (СКИ)

**Суетин Николай Владиславович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, директор по науке и исследованиям ИТ кластер Фонд «Сколково», г. Москва, Российская Федерация

**Чубраева Лидия Игоревна** – член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, зав. кафедрой «Информационные технологии в электромеханике и робототехнике» Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП), директор НИИ инновационных технологий в электромеханике и электроэнергетике ГУАП, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Фетисов Владимир Андреевич** – д-р техн. наук, профессор, директор института аэрокосмических приборов и систем ГУАП, зав. кафедрой системного анализа и логистики ГУАП, научный консультант комитета по транспорту ассоциации Северо-западных субъектов РФ и Законодательного собрания Санкт-Петербурга, Действительный член Международной академии информатизации, д-р Будапештского технического университета, д-р техн. наук АН Венгрии, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Шмелев Алексей Борисович** – канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник МГУ ВМК, Исполнительный директор группы компаний РСК (Российские суперкомпьютеры) КГАУ, г. Москва, Российская Федерация

## РЕСПУБЛИКА АЗЕРБАЙДЖАН

**Искендерзаде Эльчин Барат оглы** – д-р техн. наук, профессор, Лауреат Государственной Премии по литературе «Кызыл Келме», Заслуженный педагог Азербайджанской Республики, Почетный деятель культуры Азербайджанской Республики, Почетный ученый Европы, посол культуры UNESCO; заведующий кафедрой «Метрологии и стандартизации» Азербайджанского технического университета, г. Баку

**Evgeny A. Kruk** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, the Honored worker of science of the Russian Federation, the director of Institute of Information Systems and Information Security (St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation), St. Petersburg, Russian Federation

**Vladimir K. Levin** – Dr. Sci. (Eng.), the corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor, the deputy director of Federal State Unitary Enterprise Scientific Research Institute “Kvant”, Moscow, Russian Federation

**Alexander V. Livshits** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, the vice rector for scientific work the Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

**Alexander V. Melnikov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), the Deputy Head of the Tokamak Department, National Research Centre “Kurchatov Institute”, professor of the Plasma Physics Chair of the National Nuclear Research University MEPhI, Moscow, Russian Federation

**Sergey N. Molotkov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Corresponding Member of the Cryptography Academy of the Russian Federation, chief researcher, Institute of Physics of Solid Body of RAS, Moscow, Russian Federation

**Igor M. Neyelov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), chief of International Laboratory of Biopolymers and Biosystems Modeling, Bioengineering Institute, professor of the University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Moscow, Russian Federation

**Vladimir G. Nikonov** – Dr. Sci. (Eng.), member of the Natural Sciences Academy, People’s Artist of Russia, Moscow, Russian Federation

**Yuri I. Ozhigov** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Lomonosov Moscow State University, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, deputy head at the Department of Supercomputers and Quantum Informatics

**Nikolai V. Suetin** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Director of Science and Research IT Cluster Fund “Skolkovo”, Moscow, Russian Federation

**Lidiya I. Chubrayeva** – Dr. Sci. (Eng.), the corresponding member of the Russian Academy of Sciences, the Department Chair “Information Technologies in Electromechanics and a Robotics” St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, the director of scientific research Institute of Innovative Technologies in Electromechanics and GUAP Power Industry, St. Petersburg, Russian Federation

**Vladimir A. Fetisov** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, the director of St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation GUAP, the Department Chair of the System Analysis and GUAP Logistics, the scientific consultant of Committee for Transport of Association of Northwest Territorial Subjects of the Russian Federation and Legislative Assembly of St. Petersburg, the Full member of the International Academy of Informatization, the doctor of the Budapest Technical University, the Doctor of Engineering of Hungarian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation

**Alexey B. Shmelyov** – Cand. Sci. (Phys.-Math.), senior research associate, Moscow State University, executive director RSK group of companies (the Russian supercomputers), Moscow, Russian Federation

## REPUBLIC OF AZERBAIJAN

**Elchin B. Isgandarzada** – Dr. Sci. (Eng.), Dr. Sci. (Phil.), professor; Head at the Department “Metrology and Standardization” of the Azerbaijan Technical University, Baku



## РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

**Нурсултанов Ерлан Даутбекович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой «Математики и информатики» Казахского филиала МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Астана

## РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН

**Муминов Рамизулла Абдуллаевич** – д-р физ.-мат. наук, академик Академии наук Республики Узбекистан, Физикотехнический институт, Институт Материаловедения Научнопроизводственное объединение «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент

**Рахимов Рустам Хакимович** – д-р техн. наук, Институт Материаловедения Научно-производственное объединение «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент

**Арипов Мерсаид** – д-р физ.-мат. наук, профессор Факультета Информатики и Прикладного программирования Национального Университета Узбекистана, Заслуженный ученый Узбекистана, г. Ташкент

**Имамов Эркин Зиннунович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор Ташкентского университета информационных технологий, г. Ташкент

**Захидов Эркин Агзамович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор Ташкентского университета информационных технологий, Национальный координатор от Узбекистана программ научно-технического сотрудничества Европейского Союза, г. Ташкент

**Раджапов Сали Аширович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, ФТИ НПО «Физика-Солнце» АН РУз, г. Ташкент

## США

**Yueqiang Liu** – д-р физ.-мат. наук, General Atomics, Сан-Диего, Калифорния

## ГЕРМАНИЯ

**Peter John** – д-р техн. наук, докт. экон. наук, директор RPE InfraTherm GmbH, г. Лихтенберг

**Хьюберт Йегер** – д-р техн. наук, профессор, Институт легкой техники и технологии полимеров (ILK), Технический университет Дрездена, президент и главный исполнительный директор Carbon Composites, г. Дрезден

## БЕЛЬГИЯ

**Онгена Джозеф** – д-р техн. наук, заместитель директора лаборатории физики плазмы Королевской военной академии Бельгии, партнер трехстороннего кластера Euregio (TEC), г. Брюссель

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

**Андронов Иван Николаевич** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой механики, Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Российская Федерация

**Быков Игорь Юрьевич** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности, Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Российская Федерация

**Григораш Олег Владимирович** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Российская Федерация

**Емельянов Владимир Ильич** – д-р физ.-мат. наук, профессор, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

**Караев Алан Канаматович** – д-р техн. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор, гл.н.с. Финансового университета при Правительстве РФ, г. Москва, Российская Федерация

**Кабалдин Юрий Георгиевич** – д-р техн. наук, профессор Нижегородского государственного университета, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

**Хапаев Михаил Михайлович** – д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

**Чистяков Владимир Всеволодович** – канд. техн. наук, профессор, главный редактор Издательского дома «Юр-ВАК»

## REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Erlan D. Nursultanov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, department chair “Mathematics and Information Scientists” Kazakhstan branch of Lomonosov Moscow State University, Astana

## REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Ramizulla A. Muminov** – Dr. Sci. (Eng.), Academic, Physical-Technical Institute, SPA “Physics-Sun”, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

**Rustam Kh. Rakhimov** – Dr. Sci. (Eng.), head of “Physics-Sun”, Institute of Materials Science Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent

**Mersaid Aripov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Informatics and Applied Programming Department, the National University of Uzbekistan, Honored scientist of Uzbekistan, Tashkent

**Erkin Z. Imamov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of Physics Department TUIT, professor of the Tashkent University of Information Technologies, Tashkent

**Erkin A. Zahidov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Tashkent University of Information Technologies, the national coordinator of Uzbekistan programs scientific-technical cooperation with European Union

**Sali A. Rajapov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Institute of Materials Science, “Physics-Sun”. Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent USA

**Yueqiang Liu** – PhD (Phys.-Math.), Principle Scientist, General Atomics, San Diego, California

## USA

**Yueqiang Liu** – PhD (Phys.-Math.), Principle Scientist, General Atomics, San Diego, California

## GERMANY

**John Peter** – Dr. Sci. (Eng.). Dr. Sci. (Oec.), RPE InfraTherm GmbH, Lichtenberg

**Jäger Hubert** – PhD, Professor, Institute of Lightweight Engineering and Polymer Technology (ILK), Technische Universität Dresden, President and chief executive officer Carbon Composites, Dresden

## BELGIUM

**Ongena Josef** – PhD., President of Belgian Physical Society, Research Director of Plasma Physics Laboratory, Belgian Royal Military School, Brussels

## EDITORIAL COUNCIL

**Ivan N. Andronov** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, department chair of Mechanics, the Ukhta State Technical University, Ukhta, Russian Federation

**Igor Y. Bykov** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, department chair of Cars and Equipment of the Oil and gas Industry, the Ukhta State Technical University, Ukhta, Russian Federation

**Oleg V. Grigorash** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department Electrician, Heating Engineer and Renewables of Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

**Vladimir I. Emelyanov** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, Physics Department of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

**Alan K. Karaev** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief researcher, Department of Public Finance, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

**Mikhail M. Khapaev** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, CMC Department of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

**Vladimir V. Chistyakov** – Cand.Sci. (Eng.), Professor, Editor-in-chief of Publishing House Yur-VAK, Moscow, Russian Federation

## СОДЕРЖАНИЕ

---

### НАНОТЕХНОЛОГИИ

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: РОЛЬ СОВРЕМЕННЫХ ГЕЛИОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВОДОРОДА .....	11
---	----

*Рахимов Р.Х.*, д-р техн. наук,  
*Ермаков В.П.* (Республика Узбекистан)

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ИМПУЛЬСНОГО КВАНТОВОГО ТУННЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ .....	26
---	----

*Рахимов Р.Х.*, д-р техн. наук (Республика Узбекистан)

### КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

РАЗРАБОТКА БАЛАНСИРОВЩИКА НАГРУЗКИ И ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АССОЦИАТИВНО ЗАЩИЩЕННЫМИ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ БАЗАМИ ДАННЫХ .....	35
---	----

*Вершинин И.С.*, канд. техн. наук, доцент

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

РАЗРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОГРАНИЧЕННОЙ ОЧЕРЕДЬЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ ПЛАТФОРМЫ .NET .....	44
---	----

*Антонова П.В.*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЕТЕЙ ПЕТРИ В ЗАДАЧАХ РАЗРАБОТКИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ IDEF3 .....	51
--	----

*Петросов Д.А.*, канд. техн. наук, доцент

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ .....	64
--	----

*Наумчик Н.А.*

### УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРА РЕШЕНИЙ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ .....	72
---	----

*Аникин С.Н., Данилов М.М.*, канд. техн. наук, доцент;  
*Денисов А.Н.*, д-р техн. наук, проф., *Королев П.С.*

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СКРЫТЫХ УГРОЗ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ЗАДАЧ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....	83
--	----

*Золотухина М.А., Зыков С.В.*, д-р техн. наук, доцент

АНАЛИЗ И ВЫБОР РЕЖИМА ОПТИМИЗАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАПРОСА В СУБД ORACLE .....	92
---	----

*Унковская Г.А.*

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

РЕЛЯЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СЦЕН С АССОЦИАТИВНОЙ ЗАЩИТОЙ .....	101
--	-----

*Вершинин И.С.*, канд. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИЦА В ЗАДАЧАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АУТЕНТИФИКАЦИИ .....	109
---	-----

*Белов Н.И., Коржук В.М.*, канд. техн. наук, доцент

АССОЦИАТИВНАЯ ЗАЩИТА ЧИСЛОВЫХ СВЕДЕНИЙ В ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИБЛИОТЕКИ PARALLEL FRAMEWORK ПЛАТФОРМЫ .NET .....	121
--	-----

*Гибадуллин Р.Ф.*, канд. техн. наук,

*Вершинин И.С.*, канд. техн. наук, доцент

### НАНОМАТЕРИАЛЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ, СИНТЕЗИРОВАННОЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМ КАРБОНАТНЫМ МЕТОДОМ .....	130
--	-----

*Рахимов Р.Х.*, д-р техн. наук (Республика Узбекистан),

*Паньков В.В.*, д-р хим. наук, проф. (Республика Беларусь),

*Ермаков В.П., Рашидов Ж.Х., Рахимов М.Р.,*

*Рашидов Х.К.* (Республика Узбекистан)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ЭКСТРАКЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОБЕТАЭЛЕМЕНТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ .....	144
---	-----

*Долгополов М.В.*, канд. физ.-мат. наук, доцент,

*Чипура А.С., Шишкин И.А.*

О ЖУРНАЛЕ .....	161
-----------------	-----

## CONTENTS

---

### NANOTECHNOLOGY

PROSPECTS OF SOLAR ENERGY: THE ROLE OF MODERN SOLAR TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF HYDROGEN .....	11
---	----

*R.Kh. Rakhimov*, Dr. Sci. (Eng.),  
*V.P. Yermakov* (Republic of Uzbekistan)

A POSSIBLE MECHANISM OF THE OPTICAL QUANTUM TUNNELING EFFECT IN PHOTOCATALYSTS BASED ON NANOSTRUCTURED FUNCTIONAL CERAMICS .....	26
---	----

*R.Kh. Rakhimov*, Dr. Sci. (Eng.) (Republic of Uzbekistan)

### CYBERSECURITY

THE DEVELOPMENT OF THE LOAD BALANCER AND THE PARALLEL MODULE FOR MANAGING ASSOCIATIVELY PROTECTED MAP DATABASES .....	35
---	----

*I.S. Vershinin*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

### MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEX PROGRAMS

THE DEVELOPMENT OF A MULTI-CHANNEL MASS SERVICE SYSTEM WITH LIMITED QUEUING USING THE PARALLEL LIBRARY OF THE .NET PLATFORM. ....	44
---	----

*P.V. Antonova*

APPLICATION OF THE THEORY OF PETRI NETS IN THE DEVELOPMENT OF SIMULATION MODELS OF BUSINESS PROCESSES BASED ON THE IDEF3 METHODOLOGY. ....	51
--	----

*D.A. Petrosov*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

### ELEMENTS OF COMPUTING SYSTEMS

ALGORITHM FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE PROCESS OF MAKING CHANGES IN AUTOMATED, INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS. ....	64
--	----

*N.A. Naumchik*

### MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS

MODELING OF THE CHOICE OF SOLUTIONS TO MANAGEMENT TASKS WHEN EXTINGUISHING A FIRE IN UNDERGROUND STRUCTURES .....	72
--	----

*S.N. Anikin, M.M. Danilov*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.,  
*A.N. Denisov*, Dr. Sci. (Eng.), Prof., *P.S. Korolev*

### MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

DETERMINATION OF PARAMETERS OF HIDDEN THREATS OF EARLY DETECTION IN INFORMATION SYSTEMS FOR MACHINE LEARNING TASKS .....	83
--	----

*M.A. Zolotukhina, S.V. Zykov*, Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

ANALYSIS AND SELECTION OF THE OPTIMIZER MODE FOR OBTAINING THE OPTIMAL PLAN FOR THE EXECUTION OF A QUERY IN THE ORACLE DBMS. ....	92
---	----

*G.A. Unkovskaia*



## CONTENTS

### INFORMATION SECURITY

RELATIONAL DATABASE OF CARTOGRAPHIC SCENES WITH ASSOCIATIVE PROTECTION .....	101
---	-----

*I.S. Vershinin*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

THE THERMOGRAPHIC FACE MODEL APPLIANCE FOR IDENTIFICATION AND AUTHENTICATION .....	109
---	-----

*N.I. Belov, V.M. Korzhuk*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

ASSOCIATIVE PROTECTION OF NUMERICAL INFORMATION IN TEXT DOCUMENTS USING THE PARALLEL FRAMEWORK LIBRARY ON THE .NET PLATFORM .....	121
---	-----

*R.F. Gibadullin*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.,

*I.S. Vershinin*, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof.

### NANOMATERIALS

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF FUNCTIONAL CERAMICS SYNTHETIZED BY THE MODIFIED CARBONATE METHOD .....	130
--	-----

*R.Kh. Rakhimov*, Dr. Sci. (Eng.) (Republic of Uzbekistan),

*V.V. Pankov*, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (Republic of Belarus),

*V.P. Yermakov, Z.Kh. Rashidov*,

*M.R. Rakhimov, Kh.K. Rashidov* (Republic of Uzbekistan)

IDENTIFICATION AND EXTRACTION OF ELECTROPHYSICAL PARAMETERS FOR SOLAR CELL MODELS BY EXPERIMENTAL DATA .....	144
---	-----

*M.V. Dolgopолоv*, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assoc. Prof.,

*A.S. Chipura, I.A. Shishkin*