

DOI: 10.15507/2658-4123.030.202002 ISSN 2658-4123 (Print), 2658-6525 (Online)

**Том 30, № 2. 2020**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Основан в январе 1990 г.  
Выходит один раз в квартал

**16+**



**Vol. 30, no. 2. 2020**

SCIENTIFIC JOURNAL  
Founded in January 1990  
Issued quarterly

# **ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ENGINEERING TECHNOLOGIES AND SYSTEMS**

**DOI: 10.15507/2658-4123**

**Учредитель и издатель –**  
федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
образования «Национальный  
исследовательский Мордовский  
государственный университет  
им. Н. П. Огарёва»

Предыдущее название (до 2019 года):  
**Вестник Мордовского университета**

**FOUNDER AND PUBLISHER –**  
Federal State  
Budgetary Educational  
Institution  
of Higher Education  
“National Research  
Ogarev Mordovia  
State University”

The previous name until beginning of 2019:  
**Mordovia University Bulletin**

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК)

Индексируется и архивируется в Web of Science Core Collection (ESCI),  
Российском индексе научного цитирования (РИНЦ),  
а также EBSCO

Является членом Directory of Open Access Journals (DOAJ),

Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA),

Комитета по этике научных публикаций,

Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ) и CrossRef

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор),  
свидетельство ПИ № ФС77-74640 от 24.12.2018 г.

Подписной индекс в каталогах агентств «Роспечать» и «МК-Периодика» – **70539**

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**  
430005, Россия, Республика Мордовия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68/1  
Тел./факс: +7 (8342) 48-14-24

**Founder, Publisher and Editorial House address:**  
68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005,  
Republic of Mordovia, Russia  
Tel/Fax: +7 8342 481424

© ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», 2020

## Научный журнал «Инженерные технологии и системы»

публикует оригинальные научные исследования, способствующие развитию науки в области инженерных систем и технологий.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики

01.04.05 Оптика

01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Редакция журнала осуществляет научное рецензирование (двустороннее слепое) всех поступающих в редакцию статей с целью экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. Рецензии хранятся в издательстве и редакции в течение 5 лет. Редакция журнала направляет копии рецензий авторам представленных материалов и в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении соответствующего запроса.

Журнал индексируется и архивируется в базах данных:

Web of Science Core Collection (ESCI)

Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)

EBSCO

Журнал является членом Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA),

Directory of Open Access Journals (DOAJ), Комитета по этике научных публикаций, Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ), CrossRef и международного сообщества рецензентов Publons

Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная



## **“Engineering Technologies and Systems” Journal**

accepts unpublished earlier original research results promoting the development of science in the field of engineering systems and technologies.

The journal is included in the List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, where basic scientific results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Sciences should be published for scientific specialties and branches of science:

Instruments and Methods of Experimental Physics

Optics

Electrophysics, Electrophysical Installations

Technologies and Means of Agricultural Mechanization

Electrotechnologies and Electrical Equipment in Agriculture

Technologies and Means of Maintenance in Agriculture

In order to permit complex expert evaluation, all manuscripts undergo double-blind peer review. All reviewers are acknowledged experts on the subject of peer-reviewed materials. The reviews are stored at the Journal's editorial office for a period of five years. Reviews (or a substantiated rejection) are forwarded by the Editorial Board to the author(s) of the submitted article. Reviews are also forwarded on request to the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

The journal is indexed and archived by databases:

Web of Science Core Collection (ESCI)

Russian Index of Scientific Citations

EBSCO

The journal is a member of Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA),  
Directory of Open Access Journals (DOAJ), Committee on Publication Ethics,  
Association of Scientific Editors and Publishers (ASEP), CrossRef  
and the international community of reviewers Publons

All the materials of the “Engineering Technologies and Systems” journal are available under Creative Commons “Attribution” 4.0 license



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Вдовин Сергей Михайлович** – *главный редактор*, ректор ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук, доцент, ORCID: 0000-0001-7363-1389, rector@mrsu.ru (Саранск, Россия)

**Сенин Петр Васильевич** – *заместитель главного редактора*, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0003-3400-7780, vice-rector-innov@adm.mrsu.ru (Саранск, Россия)

**Гордина Светлана Викторовна** – *ответственный секретарь*, член Европейской ассоциации научных редакторов (EASE), кандидат педагогических наук, ORCID: 0000-0003-2265-418X, vestnik\_mrsu@mail.ru (Саранск, Россия)

**Аллахвердиев Сурхай Рагим оглы** – академик Российской Академии Естествознания, профессор кафедры лесной индустрии Бартынского государственного университета, профессор кафедры экологии и природопользования ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», доктор биологических наук, профессор (Бартын, Турция)

**Булгаков Алексей Григорьевич** – профессор Института строительного дела Дрезденского технического университета, доктор технических наук, профессор (Дрезден, Германия)

**Димитров Валерий Петрович** – заведующий кафедрой управления качеством ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0003-1439-1674 (Ростов-на-Дону, Россия)

**Ерофеев Владимир Трофимович** – академик Российской академии архитектуры и строительных наук, декан архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор (Саранск, Россия)

**Железникова Ольга Евгеньевна** – директор Института электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат технических наук, доцент (Саранск, Россия)

**Игумнов Леонид Александрович** – директор Научно-исследовательского института механики, заведующий кафедрой теоретической, компьютерной и экспериментальной механики ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», доктор физико-математических наук, профессор (Нижний Новгород, Россия)

**Истомина Наталья Леонидовна** – начальник отдела физических наук Российской академии наук, заместитель академика-секретаря по научно-организационной работе ОФН РАН, профессор кафедры управления инновациями ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», главный редактор научно-технического журнала «Фотоника», доктор физико-математических наук (Москва, Россия).

**Кечемайкин Владимир Николаевич** – директор Рузаевского института машиностроения ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат экономических наук (Саранск, Россия)

**Котин Александр Владимирович** – заведующий кафедрой механики переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0003-0078-1866 (Саранск, Россия)

**Кусмарцев Федор Васильевич** – декан физического факультета Университета Лафборо, кандидат физико-математических наук (Лафборо, Великобритания)

**Кухарев Олег Николаевич** – ректор ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0002-3519-4066 (Пенза, Россия)

**Микаева Светлана Анатольевна** – профессор кафедры ПР-4 «Электротехника и электроника» ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)

**Нишев Константин Николаевич** – директор Института физики и химии ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: 0000-0001-7905-3700 (Саранск, Россия)

**Прытков Юрий Николаевич** – директор Аграрного института ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Саранск, Россия)

**Рябочкина Полина Анатольевна** – главный научный сотрудник лаборатории оптической спектроскопии лазерных материалов ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор физико-математических наук, доцент, ORCID: 0000-0001-8503-8486 (Саранск, Россия)

**Салем Абдель-Бадех Мохамед** – руководитель Исследовательских лабораторий в области искусственного интеллекта и знаний, профессор факультета компьютерных и информационных наук университета «Ain Shams», доктор наук в области компьютерных технологий, заслуженный профессор (Каир, Египет)

**Скрябин Владимир Александрович** – профессор кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», доктор технических наук, ORCID: 0000-0001-7156-9198 (Пенза, Россия)

**Чучаев Иван Иванович** – декан факультета математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», кандидат физико-математических наук, доцент (Саранск, Россия)

**Шишелова Тамара Ильинична** – профессор кафедры физики, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», доктор технических наук, профессор, Scopus ID: 6507978465 (Иркутск, Россия)

**Ямашкин Анатолий Александрович** – заведующий кафедрой землеустройства и ландшафтного планирования ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва», доктор географических наук, профессор, ORCID: 0000-0001-9995-8371 (Саранск, Россия)



## EDITORIAL BOARD

- Sergey M. Vdovin** – *Editor in Chief*, Rector of National Research Mordovia State University, Ph.D. (Economics), Associate Professor, ORCID: 0000-0001-7363-1389, rector@mrsu.ru (Saransk, Russia)
- Petr V. Senin** – *Deputy Editor in Chief*, Vice-Rector for Science and Research, National Research Mordovia State University, D.Sc. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0003-3400-7780, vice-rector-innov@adm.mrsu.ru (Saransk, Russia)
- Svetlana V. Gordina** – *Executive Editor*, Member of European Association of Science Editors (EASE), Ph.D. (Pedagogy), ORCID: 0000-0003-2265-418X, vestnik\_mrsu@mail.ru (Saransk, Russia)
- Surhay Allahverdi** – Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of Forest Industry Chair, Bartin University, Professor of Ecology and Nature Management Chair, Moscow Pedagogical State University, D.Sc. (Biology), Professor (Bartın, Turkey)
- Aleksey G. Bulgakov** – Professor of Faculty of Architecture, Dresden University of Technology, D.Sc. (Engineering), Professor (Dresden, Germany)
- Ivan I. Chuchayev** – Dean of Mathematics and Information Technology Faculty, National Research Mordovia State University, Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor (Saransk, Russia)
- Valeriy P. Dimitrov** – Head of the Chair of Quality Management, Don State Technical University, D.Sc. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0003-1439-1674 (Rostov-on-Don, Russia)
- Leonid A. Igumnov** – Director of Research Institute of Mechanics, Head of Numerical Simulation of Theoretical, Computer and Experimental Mechanics Chair, Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod, D.Sc. (Phys.-Math.), Professor (Nizhniy Novgorod, Russia)
- Natalia L. Istomina** – Head of Physical Sciences Department, Russian Academy of Sciences, Deputy of Academic Secretary for Scientific and Organizational Work, Professor of Innovation Management Chair, Moscow Aviation Institute (National Research University), Editor-in-Chief, Photonics Russia, D.Sc. (Phys.-Math.) (Moscow, Russia).
- Vladimir N. Kechemaykin** – Director of Ruzaevka Institute of Mechanical Engineering, National Research Mordovia State University, Ph.D. (Economics) (Saransk, Russia)
- Aleksandr V. Kotin** – Head of Chair of Mechanization of Agricultural Production Processing, National Research Mordovia State University, D.Sc. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0003-0078-1866 (Saransk, Russia)
- Fedor V. Kusmartsev** – Dean of Institute of Physics, Loughborough University, Ph.D. (Phys.-Math.) (Loughborough, Great Britain)
- Oleg N. Kukharev** – Rector of Penza State Agrarian University, D.Sc. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0002-3519-4066 (Penza, Russia)
- Svetlana A. Mikayeva** – Professor of Electrotechnics and Electronics Chair, Moscow Engineering University, D.Sc. (Engineering), Professor (Moscow, Russia)
- Konstantin N. Nishchev** – Director of Institute of Physics and Chemistry, National Research Mordovia State University, Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, ORCID: 0000-0001-7905-3700 (Saransk, Russia)
- Yuriy N. Prytkov** – Director of Institute of Agriculture, National Research Mordovia State University, D.Sc. (Agriculture), Professor (Saransk, Russia)
- Polina A. Ryabochkina** – Principal Researcher of Laboratory of Optical Spectroscopy of Laser Materials, National Research Mordovia State University, D.Sc. (Phys.-Math.), Associate Professor, ORCID: 0000-0001-8503-8486 (Saransk, Russia)
- Abdel-Badeeh M. Salem** – Head of Artificial Intelligence and Knowledge Engineering Research Labs, Professor of Faculty of Computer and Information Sciences, Ain Shams University, D.Sc. (Computer Science), Emeritus Professor (Cairo, Egypt)
- Tamara I. Shishelova** – Professor of Physics Chair, Irkutsk National Research Technical University, D.Sc. (Engineering), Scopus ID: 6507978465 (Irkutsk, Russia)
- Vladimir A. Skryabin** – Professor of Machine Engineering Technology Chair, Penza State University, D.Sc. (Engineering), ORCID: 0000-0001-7156-9198 (Penza, Russia)
- Anatoliy A. Yamashkin** – Head of Land Utilization and Landscape Design Chair, National Research Mordovia State University, D.Sc. (Geography), Professor, ORCID: 0000-0001-9995-8371 (Saransk, Russia)
- Vladimir T. Yerofeev** – Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Dean of Architectural and Civil Engineering Faculty, National Research Mordovia State University, D.Sc. (Engineering), Professor (Saransk, Russia)
- Olga Ye. Zheleznikova** – Director of Institute of Electronics and Light Engineering, National Research Mordovia State University, Ph.D. (Engineering), Associate Professor (Saransk, Russia)



## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**

- Сенин П. В., Раков Н. В., Смольянов А. В., Макейкин А. М.** Расчетно-теоретический анализ размерных цепей при восстановлении посадочного гнезда под бурт гильзы по глубине двигателей Д-245, Д-260.....188
- Гербер Ю. Б., Гаврилов А. В., Киян Н. С.** Моделирование процесса тепловой обработки жидких продуктов в пластинчатом теплообменнике с использованием комплексной энергозамещающей установки.....200
- Шараби Н. Н., Дорошенко А. А., Бутовченко А. В.** Моделирование истечения семян кунжута при колебательном дозировании семян устройством с использованием DEM.....219

### **ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

- Разворотнев А. С., Гавриченков Ю. Д.** Технология мониторинга и управления воздушными потоками внутри металлического силоса при хранении зерна.....232
- Тетерина О. А., Тетерин В. С., Митрофанов С. В., Костенко М. Ю., Рембалович Г. К., Новиков Н. Н.** Влияние аэрозольной обработки гуминовыми препаратами на посевные качества семян зерновых культур.....254
- Астахов М. В., Славкина Е. В.** Повышение стойкости к ударным воздействиям композитных узлов сельхозмашин применением упруговязкопластичных жидкостей.....268

### **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

- Калякулин С. Ю., Кузьмин В. В., Митин Э. В., Сульдин С. П., Тюрбеева Т. Б.** Синтез структуры технологических процессов.....287
- Иванов А. И., Банных А. Г.** Быстрая оценка энтропии длинных кодов с зависимыми разрядами на микроконтроллерах с малым потреблением и низкой разрядностью (обзор литературы по снижению размерности задачи).....300
- Аль-Бесул Х., Аль-Салаймех С., Аль-Халайбех А., Хаджиев Н.** Разработка функциональной структуры и структуры управления для компьютеризированной системы управления под влиянием факторов непосредственного окружения.....313
- Информация для авторов и читателей (на рус. яз.)*.....326
- Информация для авторов и читателей (на англ. яз.)*.....328



## **CONTENTS**

### ***PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS***

<b>Senin P. V., Rakov N. V., Smolyanov A. V., Makeykin A. M.</b> Theoretical Analysis of Dimension Chains when Restoring the Landing Socket for Liner Sleeve Collar in the Depth of the Engines D-245 and D-260.....	188
<b>Gerber Yu. B., Gavrilov A. V., Kiyani N. S.</b> Modeling the Process of Heat Treatment of Liquid Products in a Plate Heat Exchanger Using an Integrated Energy-Substituting Installation...	200
<b>Sharaby N. N., Doroshenko A. A., Butovchenko A. V.</b> Simulation of Sesame Seeds Outflow in Oscillating Seed Metering Device Using DEM.....	219

### ***TECHNOLOGIES AND MEANS OF AGRICULTURAL MECHANIZATION***

<b>Razvorotnev A. S., Gavrichenkov Yu. D.</b> Technology for Monitoring and Control of Air Flows Inside Metal Silos during Grain Storage.....	232
<b>Teterina O. A., Teterin V. S., Mitrofanov S. V., Kostenko M. Yu., Rembalovich G. K., Novikov N. N.</b> The Effect of Humic Aerosol Treatment on Grain Seeds Quality.....	254
<b>Astakhov M. V., Slavkina E. V.</b> Improving the Shock Resistance of Agricultural Composite Units Using Visco-Elastic Fluids.....	268

### ***COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT***

<b>Kalyakulin S. Yu., Kuzmin V. V., Mitin E. V., Suldin S. P., Tyurbieva T. B.</b> Synthesis of the Structure of Technological Processes.....	287
<b>Ivanov A. I., Bannykh A. G.</b> Rapid Estimation of the Entropy of Long Codes with Dependent Bits on Low-Power, Low-Bit Microcontrollers (Review of Literature on Reducing the Dimension of a Problem).....	300
<b>Al Besoul K., Al Salameh S., Al Halaybeh A., Hajiyeve N.</b> Development of the Functional and Management Structure for the Computerized Management System under the Influence of Direct Environment Factors.....	313
<b>Information for Authors and Readers of the Journal (in Russian)</b> .....	326
<b>Information for Authors and Readers of the Journal (in English)</b> .....	328