



Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)

Рецензируемый научно-практический журнал (издается с 2000 года)

eISSN 2687–1653

DOI: 10.23947/2687–1653

Том 23, № 4, 2023

Создан в целях информирования читательской аудитории о новейших достижениях и перспективах в области механики, машиностроения, информатики и вычислительной техники. Издание является форумом для сотрудничества российских и иностранных ученых, способствует сближению российского и мирового научно-информационного пространства.

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в котором должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК) по следующим научным специальностям:

- 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин (технические науки)
- 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела (технические, физико-математические науки)
- 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы (технические науки)
- 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)
- 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)
- 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)
- 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки)
- 2.3.7 – Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования (технические, физико-математические науки)
- 2.3.8 – Информатика и информационные процессы (технические науки)
- 2.5.2 – Машиноведение (технические науки)
- 2.5.3 – Трение и износ в машинах (технические науки)
- 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 2.5.6 – Технология машиностроения (технические науки)
- 2.5.8 – Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки)
- 2.5.9 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)
- 2.5.10 – Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы (технические науки)

Индексация и архивация:	РИНЦ, CyberLeninka, CrossRef, Dimensions, DOAJ, EBSCO, Index Copernicus, Internet Archive, Google Scholar
Наименование органа, зарегистрировавшего издание	Выписка из реестра зарегистрированных средств массовой информации ЭЛ № ФС 77 – 78854 от 07 августа 2020 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
Учредитель и издатель	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
Периодичность	4 выпуска в год
Адрес учредителя и издателя	344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
E-mail	vestnik@donstu.ru
Телефон	+7 (863) 2–738–372
Сайт	http://vestnik-donstu.ru/
Дата выхода в свет	30.12.2023





Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)

Peer-reviewed scientific and practical journal (published since 2000)

eISSN 2687–1653

DOI: 10.23947/2687–1653

Vol. 23, no. 4, 2023

The journal is aimed at informing the readership about the latest achievements and prospects in the field of mechanics, mechanical engineering, computer science and computer technology. The publication is a forum for cooperation between Russian and foreign scientists, it contributes to the convergence of the Russian and world scientific and information space.

The journal is included in the List of the leading peer-reviewed scientific publications (Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation), where basic scientific results of dissertations for the degrees of Doctor and Candidate of Science in scientific specialties and their respective branches of science should be published.

The journal publishes articles in the following fields of science:

- Theoretical Mechanics, Dynamics of Machines (Engineering Sciences)
- Deformable Solid Mechanics (Engineering, Physical and Mathematical Sciences)
- Mechanics of Liquid, Gas and Plasma (Engineering Sciences)
- Mathematical Simulation, Numerical Methods and Program Systems (Engineering Sciences)
- System Analysis, Information Management and Processing, Statistics (Engineering Sciences)
- Automation and Control of Technological Processes and Productions (Engineering Sciences)
- Software and Mathematical Support of Machines, Complexes and Computer Networks (Engineering Sciences)
- Computer Modeling and Design Automation (Engineering, Physical and Mathematical Sciences)
- Computer Science and Information Processes (Engineering Sciences)
- Machine Science (Engineering Sciences)
- Machine Friction and Wear (Engineering Sciences)
- Technology and Equipment of Mechanical and Physicotechnical Processing (Engineering Sciences)
- Engineering Technology (Engineering Sciences)
- Welding, Allied Processes and Technologies (Engineering Sciences)
- Methods and Devices for Monitoring and Diagnostics of Materials, Products, Substances and the Natural Environment (Engineering Sciences)
- Hydraulic Machines, Vacuum, Compressor Equipment, Hydraulic and Pneumatic Systems (Engineering Sciences)

Indexing and archiving

RSCI, CyberLeninka, EBSCO, Dimensions, DOAJ, Index Copernicus, Internet Archive, Google Scholar

Name of the body that registered the publication

Extract from the Register of Registered Mass Media ЭЛ № ФС 77 – 78854 dated August 07, 2020, issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media

Founder and publisher

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Technical University (DSTU)

Periodicity

4 issues per year

Address of the founder and publisher

1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation

E-mail

vestnik@donstu.ru

Telephone

+7 (863) 2–738–372

Website

<http://vestnik-donstu.ru/>

Date of publication

30.12.2023



Редакционная коллегия

Главный редактор, Бескопыйный Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

заместитель главного редактора, Сухинов Александр Иванович, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

ответственный редактор, Комахидзе Манана Гивиевна, кандидат химических наук, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

ответственный секретарь, Шевченко Надежда Анатольевна, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Айзикович Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Антибас Имад Ризакалла, кандидат технических наук, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Ахилан Аппатурай, младший научный сотрудник, Инженерно-технологический колледж PSN, Университет Анны Ченнаи (Индия);

Ахвердиев Камил Самед Оглы, доктор технических наук, профессор, Ростовский государственный университет путей сообщения (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Варавка Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Вернер Игорь Михайлович, доктор технических наук, профессор, Технологический институт в Израиле (Израиль);

Воронов Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент, Российский фонд фундаментальных исследований (Москва, Российская Федерация);

Галушкин Николай Ефимович, доктор технических наук, профессор, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ (Шахты, Российская Федерация);

Лару Гиллеспи, доктор технических наук, профессор, Президент Общества машиностроителей (США);

Аныш Губерт, доктор наук, доцент, Варшавский технологический университет (Польша);

Басмачи Гюльтекин, доктор наук, профессор, Университет Бурдура Мехмета Акифа Эрсоа (Турция);

Дворников Олег Владимирович, доктор технических наук, профессор, Белорусский государственный университет (Беларусь);

Демехин Евгений Афанасьевич, доктор физико-математических наук, профессор, Краснодарский филиал Финансового университета при Правительстве РФ (Краснодар, Российская Федерация);

Хамид Абдулла Джалаб, доктор наук (информатика и ИТ), университет Малайя (Малайзия);

Егназарян Карен Оникович, доктор технических наук, профессор, Технологический университет Тампере (Финляндия);

Еремеев Виктор Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, Южный научный центр РАН (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Заковоротный Вилор Лаврентьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Кавтарадзе Реваз Зурабович, доктор технических наук, профессор, Институт механики машин им. Р. Двали (Грузия);

Козубал Януш Виталис, доктор технических наук, профессор, Вроцлавский технический университет (Польша);

Хосе Карлос Куадрадо, доктор наук (электротехника и компьютеры), Политехнический институт Порту (Португалия);

Кудиш Илья Исидорович, доктор физико-математических наук, Университет Кеттеринга (США);

Кузнецов Генний Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Томский политехнический университет (Томск, Российская Федерация);

Курейчик Виктор Михайлович, доктор технических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Лысак Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Российская Федерация);

Марчук Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ (Шахты, Российская Федерация);

Владимир Младенович, доктор технических наук, профессор, Крагуевацкий университет (Сербия);

Мукутадзе Мурман Александрович, доктор технических наук, доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Наседкин Андрей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Натришвили Тамаз Мамиевич, академик, Институт механики машин им. Р. Двали (Грузия);

Нгуен Донг Ань, доктор физико-математических наук, профессор, Институт механики Академии наук и технологий Вьетнама (Вьетнам);

Нгуен Суан Тьем, доктор технических наук, Вьетнамский государственный технический университет им. Ле Куй Дона (Вьетнам);

Паршин Сергей Георгиевич, доктор технических наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет (Санкт-Петербург, Российская Федерация);

Подмастерьев Константин Валентинович, доктор технических наук, профессор, Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева (Орел, Российская Федерация);

Поляков Роман Николаевич, доктор технических наук, доцент, Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева (Орел, Российская Федерация);

Попов Валентин Леонидович, доктор физико-математических наук, профессор, Институт механики Берлинского технического университета (Германия);

Прокопенко Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Рыбак Александр Тимофеевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Музафер Сарачевич, доктор наук, профессор, Университет Нови-Пазара (Сербия);

Саруханян Арестак Арамаисович, доктор технических наук, профессор, Национальный университет архитектуры и строительства Армении (Армения);

Сидоров Владимир Николаевич, доктор технических наук, Российский университет транспорта (Москва, Российская Федерация);

Соловьёв Аркадий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова (Симферополь, Российская Федерация);

Сумбатян Междум Альбертович, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Тамаркин Михаил Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Мурат Тезер, профессор, Ближневосточный университет (Турция);

Бертрам Торстен, доктор технических наук, профессор, Технический университет Дортмунда (Германия);

Турдалиев Умид Мухтаралиевич, доктор технических наук, профессор, Андижанский машиностроительный институт (Узбекистан);

Ахмет Уюмаз, доктор технических наук, профессор, университет Бурдура Мехмета Акифа Эрсоа (Турция);

Али Маджид Хасан Алвазли, доктор наук (компьютерная инженерия), доцент, Университет Аль-Нахрейн (Ирак);

Цибулин Вячеслав Георгиевич, доктор физико-математических наук, доцент, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Чернышев Юрий Олегович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Хучан Ляо, профессор, научный сотрудник ИААМ; Старший член Школы бизнеса IEEE, Университет Сычуань (Китай);

Языев Батыр Меретович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

Editorial Board

- Editor-in-Chief**, Alexey N. Beskopylny, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Deputy Chief Editor**, Alexandr I. Sukhinov, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Executive Editor**, Manana G. Komakhidze, Cand.Sci. (Chemistry), Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Executive Secretary**, Nadezhda A. Shevchenko, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Sergey M. Aizikovitch**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Kamil S. Akhverdiev**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Rostov State Transport University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Imad R. Antipas**, Cand.Sci. (Eng.), Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Hubert Anysz**, PhD (Eng.), Assistant Professor, Warsaw University of Technology (Republic of Poland);
- Ahilan Appathurai**, National Junior Research Fellow, Anna University Chennai (India);
- Gultekin Basmaci**, PhD (Eng.), Professor, Burdur Mehmet Akif Ersoy University (Turkey);
- Yuri O. Chernyshev**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Evgenii A. Demekhin**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Financial University under the RF Government, Krasnodar branch (Krasnodar, Russian Federation);
- Oleg V. Dvornikov**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Belarusian State University (Belarus);
- Karen O. Egiazaryan**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Tampere University of Technology (Finland);
- Victor A. Ereemeev**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Southern Scientific Center of RAS (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Nikolay E. Galushkin**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Institute of Service and Business, DSTU branch (Shakhty, Russian Federation);
- LaRoux K. Gillespie**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, President-Elect of the Society of Manufacturing Engineers (USA);
- Ali M. Hasan**, PhD (Computer Engineering), Al Nahrain University (Baghdad, Iraq);
- Huchang Liao**, Professor, IAAM Fellow, IEEE Business School Senior Fellow, Sichuan University (China);
- Hamid A. Jalab**, PhD (Computer Science & IT), University of Malaya (Malaysia);
- Revaz Z. Kavtaradze**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Raphiel Dvali Institute of Machine Mechanics (Georgia);
- Janusz Witalis Kozubal**, Dr.Sci. (Eng.), Wrocław Polytechnic University (Republic of Poland);
- Ilya I. Kudish**, PhD (Phys.-Math.), Kettering University (USA);
- Victor M. Kureychik**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Geny V. Kuznetsov**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation);
- Vladimir I. Lysak**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Volgograd State Technical University (Volgograd, Russian Federation);
- Vladimir I. Marchuk**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Institute of Service and Business, DSTU branch (Shakhty, Russian Federation);
- Vladimir M. Mladenovic**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, University of Kragujevac (Serbia);
- Murman A. Mukutadze**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Rostov State Transport University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Andrey V. Nasedkin**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Tamaz M. Natriashvili**, Academician, Raphiel Dvali Institute of Machine Mechanics (Georgia);
- Nguyen Dong Ahn**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Academy of Sciences and Technologies of Vietnam (Vietnam);
- Nguyen Xuan Chiem**, Dr.Sci. (Eng.), Le Quy Don Technical University (Vietnam);
- Sergey G. Parshin**, Dr.Sci. (Eng.), Associate Professor, St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russian Federation);
- Konstantin V. Podmaster'ev**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel, Russian Federation);
- Roman N. Polyakov**, Dr.Sci. (Eng.), Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel, Russian Federation);
- Valentin L. Popov**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Berlin University of Technology (Germany);
- Nikolay N. Prokopenko**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- José Carlos Quadrado**, PhD (Electrical Engineering and Computers), DSc Habil, Polytechnic Institute of Porto (Portugal);
- Alexander T. Rybak**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Muzafer H. Saračević**, Full Professor, Novi Pazar International University (Serbia);
- Arestak A. Sarukhanyan**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, National University of Architecture and Construction of Armenia (Armenia);
- Vladimir N. Sidorov**, Dr.Sci. (Eng.), Russian University of Transport (Moscow, Russian Federation);
- Arkady N. Solovyev**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Crimean Engineering and Pedagogical University the name of Fevzi Yakubov (Simferopol, Russian Federation);
- Mezhlum A. Sumbatyan**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Mikhail A. Tamarkin**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Murat Tezer**, Professor, Near East University (Turkey);
- Bertram Torsten**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, TU Dortmund University (Germany);
- Vyacheslav G. Tsybulin**, Dr.Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Umid M. Turdaliev**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Andijan Machine-Building Institute (Uzbekistan);
- Ahmet Uyumaz**, PhD (Eng.), Professor, Burdur Mehmet Akif Ersoy University (Turkey);
- Valery N. Varavka**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Igor M. Verner**, PhD (Eng.), Professor, Technion — Israel Institute of Technology (Israel);
- Sergei A. Voronov**, Dr.Sci. (Eng.), Associate Professor, Russian Foundation of Fundamental Research (Moscow, Russian Federation);
- Batyr M. Yazyev**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation);
- Vilor L. Zakovorotny**, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation).

Содержание

МЕХАНИКА

Программное управление движением робота с дифференциальным приводом при разных моделях трения	346
<i>М.С. Салимов, И.В. Меркурьев</i>	
Анализ точности позиционирования при конструкционных погрешностях в установке механум-колёс мобильной платформы	356
<i>Г.В. Панкратьева, А.Е. Мордин, Г.Р. Сайпулаев</i>	
Применение метода двойной аппроксимации для построения матриц жесткости объемных конечных элементов	365
<i>П.П. Гайджуrows, Н.А. Савельева</i>	

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Преимущества сварки трением штуцеров с конической контактирующей формой малого диаметра	376
<i>Ю.В. Полетаев, В.В. Щепкин</i>	
Влияние армирования стекловолокном на механические свойства полиэфирных композитов ..	387
<i>И.Р. Антибас</i>	

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Автоматизация формирования математического описания кинетики для многостадийных химических реакций и численное решение прямой задачи	398
<i>Н.А. Лысенко, К.Ф. Коледина</i>	
Оптимальная 2D расстановка виртуальных объектов в физическом пространстве в приложениях дополненной реальности	410
<i>М.В. Алпатова, Ю.В. Рудяк</i>	
Web-приложение для математического моделирования нестационарного течения нефти в пористой среде	422
<i>А.А. Мазитов</i>	
Моделирование процессов ультразвуковой дефектоскопии в задаче поиска и визуализации внутренних дефектов в узлах агрегатов и конструкций.....	433
<i>Б.В. Соболев, А.Н. Соловьев, П.В. Васильев, А.А. Ляпин</i>	

Contents

MECHANICS

Software Control of the Movement of a Differential Drive Robot for Different Friction Models.....	346
<i>MS Salimov, IV Merkuriev</i>	
Analysis of Positioning Accuracy in Case of Design Errors in the Installation of Mecanum Wheels of the Mobile Platform.....	356
<i>GV Pankrateva, AE Mordin, GR Saypulaev</i>	
Application of the Double Approximation Method for Constructing Stiffness Matrices of Volumetric Finite Elements	365
<i>PP Gaidzhurov, NA Saveleva</i>	

MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE

Advantages of Friction Welding of Fittings with Small Diameter Conical Contact Form	376
<i>YuV Poletaev, VV Shchepkin</i>	
Effect of Glass Fiber Reinforcement on the Mechanical Properties of Polyester Composites	387
<i>Imad Rezakalla Antypas</i>	

INFORMATION TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE AND MANAGEMENT

Automation of the Formation of a Mathematical Formulation of Kinetics for Multistage Chemical Reactions and Numerical Solution to a Direct Problem.....	398
<i>NA Lysenko, KF Koledina</i>	
Optimal 2D Placement of Virtual Objects in Physical Space for Augmented Reality Applications.....	410
<i>MV Alpatova, YuV Rudyak</i>	
Web Application for Mathematical Modeling of Unsteady Oil Flow in Porous Medium.....	422
<i>AA Mazitov</i>	
Modeling of Ultrasonic Flaw Detection Processes in the Task of Searching and Visualizing Internal Defects in Assemblies and Structures.....	433
<i>BV Sobol, AN Soloviev, PV Vasiliev, AA Lyapin</i>	