

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

**ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**APPLIED MATHEMATICS
AND CONTROL SCIENCES**

№ 4

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2023

Журнал «Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences» 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 специальностям: 1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика (физико-математические науки); 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение (физико-математические науки); 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки, 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); 2.3.4. Управление в организационных системах (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 науки); 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (экономические науки, физико-математические науки). Журнал отнесен к категории **К1**.

Адресован научным работникам, инженерам, руководителям промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций, аспирантам и соискателям ученых степеней, преподавателям и студентам старших курсов технических вузов и классических университетов.

Редакционная коллегия

Главный редактор

Столбов В.Ю., д-р техн. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Заместители главного редактора

Сметанников О.Ю., д-р техн. наук, доц. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Федосеев С.А., д-р техн. наук, доц. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Ответственный секретарь

Алексеев А.О., канд. экон. наук, доц. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Члены редколлегии

Абдуллаев А.Р., д-р физ.-мат. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Березанский Л.М., д-р физ.-мат. наук, проф. (Университет Бен Гуриона Негева, Беер-Шева, Израиль)

Бородин В.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН (Экспериментальный завод научного приборостроения со Специальным конструкторским бюро Российской академии наук, Черноголовка)

Бурковский В.Л., д-р техн. наук, проф. (Воронежский государственный технический университет, Воронеж)

Гитман И.М., Doctor of Philosophy (Университет Твенте, Энсхед, Нидерланды)

Давыдов Д.В., Doctor of Philosophy (Университет Эрлангена-Нюрнберга, Эрланген-Нюрнберг, Германия)

Домошницкий А.И., канд. физ.-мат. наук, доц. (Ариэльский ун-т, Ариэль, Израиль)

Калянов Г.Н., д-р техн. наук, проф. (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Москва)

Луценко Е.В., д-р экон. наук, проф. (Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар)

Максимов В.П., д-р физ.-мат. наук, проф. (Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь)

Малыгина В.В., д-р физ.-мат. наук, доц. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Матвеева И.И., д-р физ.-мат. наук, доц. (Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения РАН, Новосибирск)

Новиков Д.А., д-р техн. наук, проф., академик РАН (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Москва)

Панюков А.В., д-р физ.-мат. наук, проф. (Южно-Уральский государственный университет, Челябинск)

Первадчук В.П., д-р техн. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Русаков С.В., д-р физ.-мат. наук, проф. (Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь)

Сараев П.В., д-р техн. наук, проф. (Липецкий государственный технический университет, Липецк)

Трусов П.В., д-р физ.-мат. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Тырсин А.Н., д-р техн. наук, проф. (Уральский федеральный университет, Екатеринбург)

Файзрахманов Р.А., д-р экон. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Харитонов В.А., д-р техн. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Чукин М.В., д-р техн. наук, проф. (Магнитогорский государственный технический университет, Магнитогорск)

Южаков А.А., д-р техн. наук, проф. (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь)

Ясницкий Л.Н., д-р техн. наук, проф. (Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь)

Журнал «Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-58826 от 28 июля 2014 года.

Периодическое печатное издание (выходит 4 раза в год).

Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Адрес учредителя, издателя, редакции и типографии:

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., д. 29.

Тел.: +7 342-19-85-87, e-mail: aoalekseev@pstu.ru.

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» – 45011.

Applied Mathematics and Control Sciences (Appl. Math. Control Sci.) included in the List of peer-reviewed scientific journals, formed by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. The journal is categorized as category **KI** (included in 25 % leading peer-reviewed scientific journals).

Subject areas and categories of the Journal:

1. Mathematics (Applied Mathematics; Computational Mathematics; Control and Optimization; Modeling and Simulation; Numerical Analysis),
2. Computer Science (Artificial Intelligence; Computational Theory and Mathematics; Information Systems; Software),
3. Engineering (Control and System Engineering; Computational Mechanics; Industrial and Manufacturing Engineering),
4. Decision Sciences (Decision Sciences; Information Systems and Management; Management Sciences and Operational Research),
5. Business, Management and Accounting (Management Information Systems, Organizational Behavior and Human Resources Management),
6. Economics, Econometrics and Finance (Economics and Econometrics).

Journal intended for researchers, engineers, principals of industrial companies and scientific organizations, postgraduate students, lectures and senior students of technical higher education organizations and classical universities.

Editorial board

Editor-in-Chief:

Stolbov, Valerii Yu. Dr. Tech. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Deputy Editor-in-Chief

Smetannikov, Oleg Yu. Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Fedoseev, Sergey A. Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Executive Editor-in-Chief

Alekseev, Aleksandr O., Cand. Econ. Sci., Assoc. Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Members of the Editorial board

Abdullaev, Abdula R. Dr. Ph. Math. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Berezansky, Leonid M. Dr. Ph. Math. Sci., Prof. (Ben Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel)

Borodin, Vladimir A. Dr. Tech. Sci., Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Experimental factory of scientific engineering and special design department of RAS, Chernogolovka, Moscow region, Russian Federation)

Burkovskiy, Victor L. Dr. Tech. Sci., Prof. (Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation)

Gitman, Inna M. Ph. D., Lecturer (University of Twente, Enschede, The Netherlands)

Davydov, Denis V. Ph.D., Researcher (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen and Nuremberg, Germany)

Domoshnitsky, Alexander I., Cand. Ph. Math. Sci., Prof. (Ariel University, Ariel, Israel)

Kalyanov, Georgii N. Dr. Tech. Sci., Prof. (V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Russian Federation)

Lutsenko, Eugene V. Dr. Econ. Sci., Prof. (Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation)

Maksimov, Vladimir P., Dr. Ph. Math. Sci., Prof. (Perm State University, Perm, Russian Federation)

Malygina Vera V., Dr. Ph. Math. Sci., Assoc. Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Matveeva Inessa I., Dr. Ph. Math. Sci., Assoc. Prof. (Sobolev Institute of Mathematics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

Novikov, Dmitry A. Dr. Tech. Sci., Prof., Full Member of the Russian Academy of Sciences (V.A. Trapeznikov Institute of control sciences of RAS, Moscow, Russian Federation)

Panyukov, Anatoly V. Dr. Ph. Math. Sci., Prof. (South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation)

Pervadchuk, Vladimir P. Dr. Tech. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Sarakov, Sergei V. Dr. Ph. Math. Sci., Prof. (Perm State University, Perm, Russian Federation)

Saraev, Pavel V. Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof. (Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation)

Trusov, Peter V. Dr. Ph. Math. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Tyrstin, Alexander N. Dr. Tech. Sci., Prof. (Ural Federal University, Yekaterinburg, Russian Federation)

Faizrakhmanov, Rustam A. Dr. Econ. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Kharitonov, Valery A. Dr. Tech. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Chukin, Mikhail V. Dr. Tech. Sci., Prof. (Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation)

Yuzhakov, Alexander A. Dr. Tech. Sci., Prof. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

Yasnitsky, Leonid N. Dr. Tech. Sci., Prof. (Perm State University, Perm, Russian Federation)

The journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor), certificate PI № FS 77-58826 of 28 June 2014.

Periodical published journal (published 4 times in year).

The Founder – Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Perm National Research Polytechnic University» (PNRPU).

Address of the Founder, the Publisher and the Editorial office:

29, Komsomolsky avenue, Perm, Perm region, 614990, Russian Federation.

Phone: +7 342-19-85-87, e-mail: aoalekseev@pstu.ru.

The Press of Russia subscription index – 45011.

Научное издание

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ

APPLIED MATHEMATICS
AND CONTROL SCIENCES

№ 4

Ответственность за содержание материалов, достоверность статистической информации, точность изложения фактов и цитат несут авторы статей.

Выход в свет 29.12.2023. Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 19,75. Тираж 21 экз. Заказ № 314.
Свободная цена

Отпечатано в типографии Издательства
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33

16+