

*Научный рецензируемый сетевой журнал*

# АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

**Том 1, № 4. 2023**



## Учредитель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова»

## Издатель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова»

**Главный редактор** Матвеев Станислав Алексеевич, канд. техн. наук, доцент, лауреат Государственной премии РФ им. Г. К. Жукова, проректор по научной работе и инновационному развитию Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Научный редактор** Чернышов Михаил Викторович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Плазмогазодинамика и теплотехника» факультета ракетно-космической техники Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Ответственный секретарь** Иванова Оксана Валерьевна

## О журнале

Периодичность: 4 раза в год

Журнал предоставляет открытый доступ к своему контенту на сайте <http://aerocosmtech.ru/> по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International Public License

Плата за публикацию с авторов не взимается

## Контакты

190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская улица, д. 1, тел. 8 (812) 490-05-67;  
e-mail: [cosmtech@voenmeh.ru](mailto:cosmtech@voenmeh.ru), [cosmtech@yandex.ru](mailto:cosmtech@yandex.ru)

Перевод на английский язык – А. Н. Крышня

Литературное редактирование и корректура – В. Е. Филиппова

Верстка – А. Л. Рядкова

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации: Эл № ФС77-85225 от 25 апреля 2023 г.**

## Минимальные системные требования

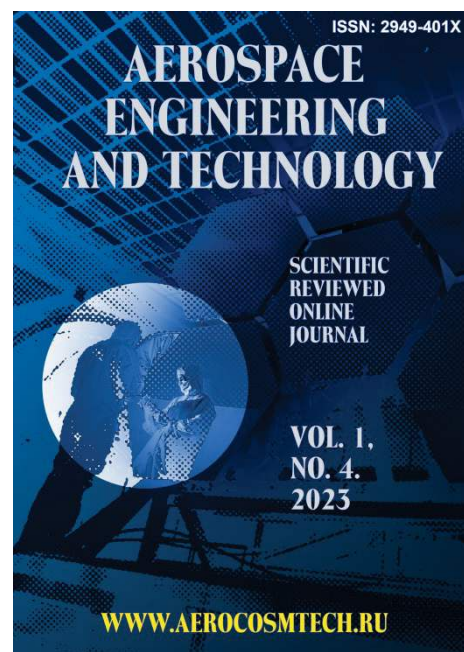
Тип компьютера, процессор, сопроцессор, частота: Pentium IV и выше; оперативная память (RAM): 256 Мб и выше; необходимо на винчестере: не менее 64 Мб; ОС MacOS, Windows (XP, Vista, 7); видеосистема: встроенная; дополнительное ПО: Adobe Reader версия от 7.X или аналог. Защита от незаконного распространения: реализуется встроенными средствами Adobe Acrobat.

Выход в свет 22.02.2024

*Scientific Reviewed Online Journal*

# AEROSPACE ENGINEERING AND TECHNOLOGY

**Vol. 1, no. 4. 2023**



## **Founder**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Baltic State Technical University "VOENMEH"

## **Publisher**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Baltic State Technical University "VOENMEH"

**Editor-in-Chief** **Stanislav Matveev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Laureate of the Russian Federation State Award named after G. K. Zhukov, Vice-Rector for Research and Innovative Development, Baltic State Technical University "VOENMEH", Saint Petersburg

**Scientific Editor** **Mikhail Chernyshov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of "Plasma, Gas Dynamics and Heat Engineering" Department, Faculty of Rocket and Space Engineering, Baltic State Technical University "VOENMEH", Saint Petersburg

**Executive Secretary** **Oksana Ivanova**

## **About the journal**

The journal is published four times a year

All the issues are posted on the official website <http://aerocosmtech.ru/> and are publicly available under a Creative Commons Attribution 4.0 International Public License

No publication fees are charged to the authors

## **Contacts**

1, 1<sup>st</sup> Krasnoarmeyskaya Street, St. Petersburg, 190005, tel. 8 (812) 490-05-67;

e-mail: [cosmtech@voenmeh.ru](mailto:cosmtech@voenmeh.ru), [cosmtech@yandex.ru](mailto:cosmtech@yandex.ru)

English translation by A. Kryshnia

Editing and proofreading by V. Filippova

Typesetting by A. Ryadkova

**Certificate of registration of mass media: El. no. FS77-85225; April 25, 2023**

## **The minimum system requirements**

Computer type, processor, co-processor, frequency: Pentium IV or higher; RAM: 256 Mb or more; disk space required: at least 64 Mb; MacOS, Windows (XP, Vista, 7); video system: installed; additional software: Adobe Reader version 7.X or similar. Protection against illegal distribution: Implemented with the installed Adobe Acrobat.

## Редакционный совет

**Иванов Константин Михайлович** – доктор технических наук, профессор, ректор Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова (Санкт-Петербург), член-корреспондент РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации им. Маршала Советского Союза Г. К. Жукова – председатель редакционного совета

**Матвеев Станислав Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент, проректор Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова по научной работе и инновационному развитию, заведующий кафедрой «Систем управления и компьютерных технологий» факультета «Информационные и управляющие системы» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, лауреат Государственной премии Российской Федерации им. Маршала Советского Союза Г. К. Жукова – главный редактор журнала, председатель редакционной коллегии

**Анцев Георгий Владимирович** – доктор технических наук, Генеральный директор – Генеральный конструктор АО «НПП «Радар ммс» (Санкт-Петербург), Почетный радист РФ, лауреат Государственной премии РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, кавалер Ордена «За заслуги перед Отечеством» III и IV степени, кавалер Ордена Почета, Герой Труда Российской Федерации

**Бородавкин Вячеслав Александрович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ракетостроение» факультета ракетно-космической техники Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Заслуженный работник высшей школы РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Почетный машиностроитель РФ

**Буренок Василий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, президент Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ имени Маршала Советского Союза Г. К. Жукова и премии Правительства РФ

**Лебига Вадим Аксентьевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения РАН (Новосибирск), профессор кафедры аэрогидродинамики Новосибирского государственного технического университета, член-корреспондент РАН, лауреат премии Н. Е. Жуковского

**Левин Владимир Алексеевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией газодинамики взрыва и реагирующих систем НИИ механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, лауреат премии Н. Е. Жуковского и премии С. А. Чаплыгина АН СССР, кавалер Ордена Почета

**Липанов Алексей Матвеевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук (Москва), академик РАН, академик РАРАН, лауреат Государственной премии РФ, премии Правительства РФ в области науки и техники, премии им. Ф. А. Цандера РАН, кавалер Ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени, Ордена Дружбы, Ордена «Знак Почета»

**Пенязьков Олег Глебович** – доктор физико-математических наук, профессор, директор Института тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, академик Национальной академии наук Беларуси

**Петров Юрий Викторович** – доктор физико-математических наук, профессор, директор НИЦ «Динамика» математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, заведующий отделом «Экстремальные состояния материалов и конструкций» Института проблем машиноведения РАН (Санкт-Петербург), член-корреспондент РАН

**Попов Гарри Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института прикладной механики и электродинамики Московского авиационного института

(национального исследовательского университета), академик РАН, кавалер Ордена «Знак Почета», лауреат Государственной премии РФ и премии Совета Министров СССР

**Сильников Михаил Владимирович** – доктор технических наук, профессор, Генеральный директор – Генеральный конструктор АО «Научно-производственное объединение специальных материалов» (Санкт-Петербург), член-корреспондент РАН, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ, премий Правительства РФ в области науки и техники, премии Президента РФ в области образования, кавалер Ордена Александра Невского, Ордена «За военные заслуги», Ордена Почета

**Соколовский Михаил Иванович** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Заслуженный деятель науки и техники СССР, лауреат Ленинской премии СССР и премии Правительства РФ в области науки и техники, кавалер Ордена «За заслуги перед Отечеством» III степени, Ордена Почета, орденов Трудового Красного Знамени

**Тестоедов Николай Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, директор Института космических технологий ФИЦ «Красноярский научный центр» Сибирского отделения РАН, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ, премий Правительства РФ в области науки и техники

## Editorial Council

**Konstantin M. Ivanov** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Rector of Baltic State Technical University “VOENMEH” (Saint Petersburg), Corresponding Member of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences – **Chairman of the Editorial Council**

**Stanislav A. Matveev** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovative Development of Baltic State Technical University “VOENMEH”, the Head of the Department “Control Systems and Computer Technologies” of “Information and Control Systems” Faculty of Baltic State Technical University “VOENMEH” – **Editor-in-Chief, Chairman of the Editorial Board**

**Georgiy V. Antsev** – Doctor of Engineering Sciences, General Director – General Designer of Radar MMS (Saint Petersburg), Hero of Labor of the Russian Federation

**Vyacheslav A. Borodavkin** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Department “Rocket Engineering” of “Aerospace Engineering” Faculty of Baltic State Technical University “VOENMEH”

**Vasiliy M. Burenok** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, President of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences

**Vadim A. Lebiga** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher of Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk), Professor of the Department of Air and Hydrodynamics at Novosibirsk State Technical University, Corresponding Member of the RAS

**Vladimir A. Levin** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the Laboratory of Explosion Gas Dynamics and Reactive Systems of the Research Institute of Mechanics of M. V. Lomonosov Moscow State University, Academician of the RAS

**Alexey M. Lipanov** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher of the Keldysh Institute of Applied Mathematics, Member of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, Academician of the RAS

**Oleg G. Penyazkov** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director of the A. V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Member of the National Academy of Sciences of Belarus

**Yury V. Petrov** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director of Research Center “Dynamics”, Faculty Mathematics and Mechanics, St. Petersburg State University, Head of Department “Extreme Conditions of Materials and Constructions” of Institute for Problems of Mechanical Engineering of the RAS (Saint Petersburg), Corresponding Member of the RAS

**Garry A. Popov** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Director of the Research Institute of Applied Mechanics and Electrodynamics of Moscow Aviation Institute (National Research University), Academician of the RAS

**Mikhail V. Silnikov** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, General Director – General Designer of Special Materials, Corp. (Saint Petersburg), Corresponding Member of the RAS, Member of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences

**Mikhail I. Sokolovsky** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of the RAS, Head of the Department of Rocket and Space Technology and Power Systems, Perm National Research Polytechnic University

**Nikolay A. Testodov** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Director of the Institute of Space Technologies, Krasnoyarsk Science Centre of the Siberian Branch of the RAS, Academician of the RAS



## Редакционная коллегия

**Матвеев Станислав Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент, лауреат Государственной премии РФ им. Г. К. Жукова, проректор по научной работе и инновационному развитию БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург – **главный редактор журнала, председатель редакционной коллегии**

**Чернышов Михаил Викторович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург – **научный редактор журнала**

**Афанасьев Александр Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Бабук Валерий Александрович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Балашов Виктор Михайлович**, доктор технических наук, профессор, АО «НПП „Радар ММС“», Санкт-Петербург

**Баранов Игорь Ярославович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Борейшо Анатолий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Булат Павел Викторович**, доктор физико-математических наук, кандидат экономических наук, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Васильков Дмитрий Витальевич**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Винник Петр Михайлович**, доктор технических наук, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Вященко Юрий Леонидович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Евсеев Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Емельянов Владислав Николаевич**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Ермолаев Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Зайцев Александр Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Военная академия Ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва

**Кабанов Сергей Александрович**, доктор техн. наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Калягин Лев Иванович**, кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Почетный работник высшего образования России, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Красильников Роман Валентинович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Кэрт Борис Эвальдович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Левихин Артем Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Лихачёв Алексей Николаевич**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Мальков Виктор Михайлович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Михайлин Андрей Иванович**, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, НПО Специальных материалов, Санкт-Петербург

**Охоткин Кирилл Германович**, доктор физико-математических наук, доцент, лауреат премии Правительства РФ им. Ю.А. Гагарина в области космической деятельности, АО «“Информационные спутниковые системы” имени академика М.Ф. Решетнёва», Железногорск

**Охочинский Михаил Никитич**, кандидат исторических наук, доцент, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Палкин Максим Вячеславович**, доктор технических наук, АО «ВПК «НПО машиностроения» (г. Реутов), Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

**Петров Владимир Маркович**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Петров Сергей Константинович**, кандидат технических наук, доцент, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Савин Андрей Валерьевич**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Санников Владимир Антонович**, доктор технических наук, профессор, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Соколов Евгений Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Стажков Сергей Михайлович**, доктор технических наук, профессор, Почетный работник высшей школы Российской Федерации, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Страхов Сергей Юрьевич**, доктор технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Стрижак Павел Александрович**, доктор физико-математических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ для молодых учёных в области проблем энергетики, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

**Титарев Владимир Александрович**, доктор физико-математических наук, ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва

**Толпегин Олег Александрович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Халиманович Владимир Иванович**, кандидат физико-математических наук, профессор, почетный радист СССР, лауреат Государственной премии СССР, премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, премии Правительства РФ им. Ю.А. Гагарина в области космической деятельности, кавалер ордена Трудового Красного Знамени и ордена Почета, АО «“Информационные спутниковые системы” имени академика М.Ф. Решетнёва», Железногорск

**Циркунов Юрий Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, лауреат премии первой степени им. Н.Е. Жуковского, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Юнаков Леонид Павлович**, кандидат технических наук, профессор, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

**Яковенко Николай Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

## Editorial Board

**Stanislav Matveev**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Laureate of Russian State Award named after G.K. Zhukov, Vice-Rector for Research and Innovative Development of Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg – **Editor-in-Chief, Chairman of Editorial Board**

**Mikhail Chernyshov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg – **Scientific Editor**

**Aleksandr Afanasyev**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Valery Babuk**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Viktor Balashov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Radar MMS Corp., Saint Petersburg

**Igor Baranov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Anatoly Boreisho**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Pavel Bulat**, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor of Economics, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Dmitry Vasilkov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Petr Vinnik**, Doctor of Engineering Sciences, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Yury Vyaschenko**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Vladimir Evseev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Vladislav Emelyanov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Vladimir Ermolaev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Aleksandr Zaitsev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Peter the Great Military Academy of Strategic Missile Forces (Moscow), Moscow Aviation Institute

**Sergey Kabanov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Lev Kalyagin**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Roman Krasilnikov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Boris Kert**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Artem Levikhin**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg



**Alesey Likhachev**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Victor Malkov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Andrey Mikhaylin**, Doctor of Engineering Sciences, Special Materials, Corp., Saint Petersburg

**Kirill Okhotkin**, Doctor of Engineering Sciences, JSC Information Satellite Systems Reshetnev, Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Region

**Mikhail Okhochinsky**, Candidate of Historic Sciences, Associate Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Maksim Palkin**, Doctor of Engineering Sciences, JSC “Military-Industrial Corporation “NPO Mashinostroyenia” (Reutov, Moscow Region), Bauman Moscow State Technical University (National Research University)

**Vladimir Petrov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Sergey Petrov**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Andrey Savin**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Vladimir Sannikov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Evgeny Sokolov**, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Sergey Stazhkov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Sergey Strakhov**, Doctor of Engineering Sciences, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Pavel Strizhak**, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Tomsk Polytechnic University, Tomsk

**Vladimir Titarev**, Doctor of Physics and Mathematics, Leading Researcher, Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Moscow

**Oleg Tolpegin**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Vladimir Khalimanovich**, Candidate of Physics and Mathematics, Professor, JSC Information Satellite Systems Reshetnev (Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Region), Reshetnev Siberian State University of Science and Technology (Krasnoyarsk)

**Yury Tsirkunov**, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Leonid Yunakov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

**Nikolay Yakovenko**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH”, Saint Petersburg

# СОДЕРЖАНИЕ

## АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН

<i>Архипов П. А., Колычев А. В.</i>	Термозмиссионное охлаждение элементов летательных аппаратов. Обзор современных исследований	13
<i>Селезнева М. Д., Князев С. А., Клюс А. А., Сероштанов В. В.</i>	Интенсификация теплообмена в одиночной овально-траншейной лунке на пластине при изменении угла наклона от 0 до 90°	30
<i>Чернышов М. В., Савелова К. Э.</i>	Приближенно-аналитическая модель ударно-волновой структуры течения с маховским отражением скачков уплотнения	42

## ДВИГАТЕЛЬНЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

<i>Левихин А. А., Мустейкис А. И., Колосенок С. В., Колосенок А. С.</i>	Выбор диагностических параметров для обнаружения неисправности по излучению факела ракетного двигателя	67
<i>Мальков В. М., Чакчир С. Я., Кучеренко М. А.</i>	Характеристики сверхзвуковых выхлопных диффузоров	82

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

<i>Андрюшкин А. Ю., Ведерников А. Ю., Хмелевской Н. Ю.</i>	Технологические особенности нанесения лакокрасочных покрытий на внешние поверхности самолетов и вертолетов	103
<i>Захматов В. Д.</i>	Применение системы масштабной подачи жидкости для охлаждения оборудования стартового комплекса и тушения горящего топлива	116
<i>Кадочников Д. М., Кададова А. В., Сотникова Н. В., Трилис А. В., Уткин В. В.</i>	Построение систем оптической связи для малых космических аппаратов	134

## МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

<i>Герасимов И. М.</i>	О направлении развития наземных боевых роботов	145
------------------------	--	-----

# CONTENTS

## AIR, GAS DYNAMICS AND HEAT EXCHANGE

<i>Arkhipov P. A., Kolychev A. V.</i>	Thermal emission cooling of aircraft elements. Review of modern studies	13
<i>Selezneva M. D., Knyazev S. A., Klyus A. A., Seroshtanov V. V.</i>	Heat transfer enhancement in a single oval-trench dimple on a plate when changing the angle of inclination from 0 to 90°	30
<i>Chernyshov M. V., Savelova K. E.</i>	Approximate analytical model of shock-wave structure of supersonic flow with Mach reflection of oblique shocks	42

## ENGINE AND POWER PLANTS

<i>Levikhin A. A., Musteikis A. I., Kolosenok S. V., Kolosenok A. S.</i>	Selection of diagnostics parameters for fault detection by rocket plume emission	67
<i>Malkov V. M., Chakchir S. Ya., Kucherenko M. A.</i>	Properties of supersonic exhaust diffusers	82

## OPERATION OF AEROSPACE EQUIPMENT

<i>Andryushkin A. Yu., Vedernikov A. Yu., Khmelevskoy N. Yu.</i>	Technological features of painting the external surfaces of airplanes and helicopters	103
<i>Zakhmatov V. D.</i>	Application of a large liquid supply system for cooling launch complex equipment and extinguishing burning fuel	116
<i>Kadochnikov D. M., Kadadova A. V., Sotnikova N. V., Trilis A. V., Utkin V. V.</i>	Designing optical communication systems for small spacecraft	134

## MECHATRONICS AND ROBOTICS

<i>Gerasimov I. M.</i>	About the development trend of tactical ground robots	145
------------------------	---	-----