



ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

Серия
«Авиационно-ракетное
и энергетическое
машиностроение»

Издается с октября 2017 г.
Выходит 4 раза в год

Том 8 № 3 2024

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Омский государственный
технический университет»

Регистрационный номер
в реестре зарегистрированных
средств массовой информации
ПИ № ТУ55-00569 от 17.05.2018 г.
выдан Управлением Роскомнадзора
по Омской области

Сайт журнала:
<https://journals.omg.ru>

Страница журнала на сайте учредителя:
[http://www.omg.ru/
general_information/media_omgtu/
journal_of_omsk_research_journal/](http://www.omg.ru/general_information/media_omgtu/journal_of_omsk_research_journal/)

Подписной индекс
в каталоге Роспечать 80583

Ответственный секретарь
М. Ф. Федорчук

Редактор
Т. П. Сёмина

Компьютерная верстка
О. Н. Чирун

Макет обложки
В. С. Гуринов
М. Ф. Федорчук
Н. С. Плотникова

© Редакция журнала
«Омский научный вестник».
Серия «Авиационно-ракетное
и энергетическое
машиностроение», ОмГТУ

Подписано в печать 21.10.2024 г.
Дата выхода в свет 30.10.2024 г.

Формат 60x84 1/8
15,58 усл. печ. л.
Бумага офсетная

Отпечатано на дупликаторе
отдела научной информации ОмГТУ

Тираж 500 экз.
(1-й завод 1–100). Заказ 20
Цена свободная

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Шалай Виктор Владимирович (главный редактор), д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Юша Владимир Леонидович (заместитель главного редактора), д. т. н., профессор,
Омск, Россия

Краус Юрий Александрович (заместитель главного редактора), к. т. н., доцент,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Андреева Елена Григорьевна, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Анисимов Сергей Михайлович, д. т. н., профессор,
Вроцлавский политехнический университет, Вроцлав, Польша

Бурмистров Алексей Васильевич, д. т. н., профессор,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Казань, Россия

Бурьян Юрий Андреевич, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Галфетти Лучано, профессор,
Миланский политехнический университет, Милан, Италия

Горюнов Владимир Николаевич, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Дворников Леонид Трофимович, д. т. н., профессор,
Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

Дроздов Александр Александрович, д. т. н.,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

Жарковский Александр Аркадьевич, д. т. н., профессор,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

Животкевич Игорь Николаевич, д. т. н., профессор,
АНО «Институт испытаний и сертификации вооружения и военной техники»,
Москва, Россия

Клюшников Валерий Юрьевич, д. т. н., старший научный сотрудник,
АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»,
Москва, Россия

Ковачевич Ахмед, профессор,
Лондонский университет Сити, Лондон, Великобритания

Корнеев Сергей Александрович, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Коротаев Дмитрий Николаевич, д. т. н., профессор,
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

Кропотин Олег Витальевич, д. т. н., доцент,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Куденцов Владимир Юрьевич, д. т. н., доцент,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Кузнецов Виктор Иванович, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Милованчевич Урош, доктор, профессор,
Белградский университет, Белград, Сербия

Негров Дмитрий Анатольевич, к. т. н., доцент,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Полещенко Константин Николаевич, д. т. н., профессор,
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия

Пронин Владимир Александрович, д. т. н., профессор,
Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Пустовой Николай Васильевич, д. т. н., профессор,
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Савин Леонид Алексеевич, д. т. н., профессор,
Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия

Сулин Александр Борисович, д. т. н.,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

Теплоухов Андрей Анатольевич, к. т. н., доцент,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Трушяков Валерий Иванович, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Чернышев Андрей Владимирович, д. т. н., профессор,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Чугунков Владимир Васильевич, д. т. н., профессор,
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Щерба Виктор Евгеньевич, д. т. н., профессор,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

Юн Владимир Климентьевич, д. т. н.,
АО «Невский завод», Санкт-Петербург, Россия



OMSK SCIENTIFIC BULLETIN

Series
«Aviation-Rocket
and Power
Engineering»

Published Since October 2017
4 Times per Year

Volume 8 No. 3 2024

FOUNDER

Federal State
Autonomous Educational Institution
of Higher Education
«Omsk State Technical University»

Identification number of registered Mass Media
ПН № ТУ55-00569 from 17.05.2018
issued by the Federal Service for
Supervision of Communications,
Information Technology, and Mass Media,
Omsk region

Journal Website:
<https://journals.omgtu.ru>

Journal Page on Founder's Website:
[http://www.omgtu.ru/
general_information/media_omgtu/
journal_of_omsk_research_journal/](http://www.omgtu.ru/general_information/media_omgtu/journal_of_omsk_research_journal/)

Subscription Index
in Federal Agency on Press and Mass
Communications Catalog 80583

Executive Secretary
M. F. Fedorchuk

Editor
T. P. Semina

Computer Page-Proofs
O. N. Chirun

Cover Layout
V. S. Gurinov
M. F. Fedorchuk
N. S. Plotnikova

© Editorial Board of
«Omsk Scientific Bulletin».
Series «Aviation-Rocket
and Power Engineering», OmSTU

Signed in Print 21.10.2024
Date of Publication 30.10.2024

Format 60x84 1/8
Conventional
Printed Sheets 15,58
Offset Paper

Printed on a Duplicator
at Scientific Publishing Office,
Omsk State Technical University

Circulation 500 Copies.
(The 1st Printing Factory 1–100)
Order 20
Open Price

EDITORIAL STAFF

Shalay Viktor Vladimirovich, (Chief Editor), D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Yusha Vladimir Leonidovich, (Deputy Chief Editor), D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk, Russia

Kraus Yuri Aleksandrovich (Deputy Chief Editor), Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Andreeva Elena Grigoryevna, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Anisimov Sergey Mikhailovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland

Burmistrov Aleksey Vasilyevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Burian Yuriy Andreevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Galfetti Luciano, Professor,
Politecnico di Milano, Milan, Italy

Goryunov Vladimir Nikolaevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Dvornikov Leonid Trofimovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Drozдов Aleksander Aleksandrovich, D. Sc. (Engineering),
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Zharkovskii Aleksandr Arkadiyevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Zhivotkevich Igor Nikolayevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Institute of Testing and Certification of Weapon and Military Equipment, Moscow, Russia

Klyushnikov Valeriy Yur'yevich, D. Sc. (Engineering), Senior Researcher,
JSC «Central Research Institute for Machine Building» (JSC «TsNIMash»), Moscow, Russia

Kovačević Ahmed, Professor,
University of London, City, London, United Kingdom

Korneyev Sergey Aleksandrovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Korotaev Dmitriy Nikolayevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (MGRI),
Moscow, Russia

Kropotin Oleg Vitalyevich, D. Sc. (Engineering), Associate Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Kudentsov Vladimir Yurievich, D. Sc. (Engineering), Associate Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Kuznetsov Viktor Ivanovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Milovančević Uroš, PhD Mechanical Engineering,
University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Negrov Dmitriy Anatolyevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Poleshchenko Konstantin Nikolayevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

Pronin Vladimir Aleksandrovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
ITMO University, Saint Petersburg, Russia

Pustovoy Nikolay Vasilievich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Savin Leonid Alexeevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

Sulin Aleksandr Borisovich, D. Sc. (Engineering),
Saint Petersburg National Research University of Informational Technologies,
Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia

Teploukhov Andrey Anatolyevich, Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Trushlyakov Valeriy Ivanovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Chernyshev Andrey Vladimirovich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Chugunkov Vladimir Vasilievich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Scherba Viktor Evgeniyevich, D. Sc. (Engineering), Professor,
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Yun Vladimir Klimentievich, D. Sc. (Engineering),
JSC «REPH», Saint Petersburg, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

Памяти Блинова Виктора Николаевича — талантливого инженера, ученого, изобретателя, создателя ракетно-космической техники	5
--	---

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Б. А. Калашников, В. В. Бохан, В. Е. Смолко. Экспериментально-теоретическое исследование особенностей амплитудно-частотных характеристик ангармонического осциллятора Дуффинга	13
В. Л. Юша, С. С. Бусаров, А. В. Недовенчаный. Оценка применимости одноступенчатых поршневых длинноходовых тихоходных компрессоров в низкотемпературных холодильных машинах	21
В. Л. Юша, М. А. Сутягинский, Ю. А. Потапов, Г. С. Русских. Адаптация системы регулирования производительности технологического поршневого водородного компрессора к нестабильным условиям эксплуатации	29
А. Д. Ваняшов, В. В. Карабанова, А. А. Нефедов. Оценка перспектив применения на линейных газовых компрессорных станциях одноступенчатых центробежных компрессоров на базе высоконапорных ступеней с входным направляющим аппаратом	36
А. А. Райков, А. А. Исаев, А. В. Бурмистров. Математическое моделирование откачки бесконтактными насосами внешнего сжатия газов с различными молекулярными массами	46
А. Ф. Сарманаева, Н. В. Соколов, О. Ю. Паранина, В. В. Кузовов, Ю. В. Сидорова, И. С. Давлетшин, И. Н. Лотфуллин, М. В. Коршунов. Проблемные вопросы и пути их решения при проведении реверс-инжиниринга узлов компрессорных машин	53
О. А. Соловьёва, И. С. Шариков, Н. И. Садовский. Сопоставление методик учёта реальности газа и их влияние на газодинамические характеристики центробежного компрессора газоперекачивающего агрегата	61
Е. В. Филимонов, Л. Н. Маренина, А. А. Дроздов, Н. И. Садовский. Опыт применения 3D-сканирования и CFD-расчетов для исследования течения в рабочем колесе многовального центробежного компрессора и проведения оптимизации	69

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

И. Ю. Лесняк. Экспериментальные исследования вскрытия течей в сварном шве замкнутой ёмкости при тепловом и акустическом воздействии	80
Р. А. Пешков, А. С. Шметкова, О. В. Исправникова, Ю. Л. Сюськина. Анализ влияния выбора модели турбулентности на параметры взаимодействия сверхзвуковой струи с преградой	90
В. А. Урбанский, А. А. Петрук. Теоретико-экспериментальные исследования влияния параметров газового потока на унос капель жидкости из экспериментальной ёмкости	98
В. В. Федянин, В. В. Шалай, П. С. Ячменев, И. С. Вавилов. Разработка стенда для измерения тяги реактивных микродвигателей на основе машинного зрения	107
А. Б. Яковлев. Математическое описание процессов в насосной системе подачи топлива в камеру сгорания жидкостного ракетного двигателя	116
Е. С. Фисенко. Обзор методов сертификации беспилотных воздушных судов	123

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Е. А. Рогачев, А. А. Каленчук. Разработка электропроводного полимерного композита на основе линейного полиэтилена низкой плотности, модифицированного высокоструктурным техническим углеродом	128
---	-----

CONTENTS

POWER AND CHEMICAL ENGINEERING

- B. A. Kalashnikov, V. V. Bokhan, V. E. Smolko.** Experimental and theoretical study of the features of the amplitude-frequency response features of the anharmonic Duffing oscillator 13
- V. L. Yusha, S. S. Busarov, A. V. Nedovenchany.** The assessment of applicability of single-stage piston long-stroke low-speed compressors in low-temperature refrigeration machines 21
- V. L. Yusha, M. A. Sutyaginskiy, Yu. A. Potapov, G. S. Russkikh.** Adaptation of the performance control system of a technological piston hydrogen compressor to unstable operating conditions 29
- A. D. Vanyashov, V. V. Karabanova, A. A. Nefedov.** Evaluation of the prospects for the use of single-stage centrifugal compressors based on high-pressure stages with an inlet guide device at linear gas compressor stations 36
- A. A. Raykov, A. A. Isaev, A. V. Burmistrov.** Mathematical modeling non-contact external compression pumps with different molecular weights gases 46
- A. F. Sarmanaeva, N. V. Sokolov, O. Yu. Paranina, V. V. Kuzovov, Yu. V. Sidorova, I. S. Davletshin, I. N. Lotfullin, M. V. Korshunov.** Problematic issues and ways to solve them during reverse engineering of compressor design units 53
- O. A. Solovyeva, I. S. Sharikov, N. I. Sadovsky.** The influence of reality gas calculation methods on the gasdynamic characteristics of a gas pumping unit centrifugal compressor 61
- E. V. Filimonov, L. N. Marenina, A. A. Drozdov, N. I. Sadovsky.** Experience of applying 3D-scanning and CFD calculations to study and optimization the flow in the impeller of a multi-shaft centrifugal compressor 69

AVIATION AND ROCKET-SPACE ENGINEERING

- I. Yu. Lesnyak.** Experimental investigations of opening leaks in a welded seam of a closed container under thermal and acoustic influences 80
- R. A. Peshkov, A. S. Shmetkova, O. V. Ispravnikova, Ju. L. Suskina.** The analysis of the influence of the turbulence model selection on the parameters of interaction of a supersonic jet with an obstacle 90
- V. A. Urbansky, A. A. Petruk.** Theoretical and experimental studies of the influence of gas flow parameters on the entrainment of liquid droplets from an experimental vessel 98
- V. V. Fedyanin, V. V. Shalay, P. S. Yachmenev, I. S. Vavilov.** Development of a stand for measuring thrust of micro-jet thrusters based on machine vision 107
- A. B. Yakovlev.** Mathematical description of the processes in the pumping system for supplying fuel to the combustion chamber of a liquid rocket engine 116
- E. S. Fisenko.** Review of certification methods for unmanned aircraft 123

MATERIAL SCIENCE AND PROCESSING TECHNOLOGY

- E. A. Rogachev, A. A. Kalenchuk.** Development of an electrically conductive polymer composite based on linear low-density polyethylene modified with high-structural carbon black 128