

Учредитель: МГТУ им. Н.Э. Баумана**Издатель:**Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
+7-499-263-69-50, 263-60-45
press@bmstu.ru, https://press.bmstu.ru**Редакция:**105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
+7-499-263-63-54, izvuzmash@bmstu.ru
www.izvuzmash.ru

Издается с 1958 г. Выходит ежемесячно

Журнал входит в перечень утвержденных
ВАК РФ изданий для публикаций трудов
соискателей ученых степенейЖурнал включен в систему РИНЦ, Russian
Science Citation Index на платформе Web of
Science, EBSCOПри использовании материалов ссылка
на журнал обязательнаПодписной индекс журнала
«Известия высших учебных заведений.
Машиностроение» на 2024 г. 70370.
Подписку можно оформить
в агентстве «Урал-Пресс»
+7-495-961-23-62, www.ural-press.ru**Главный редактор:** С.С. Гаврюшин
д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Ответственный секретарь: Е.Н. Андропова
Верстка: Н.Ф. Бердавецца
Дизайн: А.С. Ключева**Редакционная коллегия:****Артемьев Б.В.** д-р техн. наук (Ассоциация «СПЕКТР-ГРУПП»), Россия
Бочкарев С.В. д-р техн. наук (ПНИПУ), Россия
Ваулин С.Д. д-р техн. наук (ЮУрГУ), Россия
Галиновский А.Л. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Глазунов В.А. д-р техн. наук (ИМАШ РАН), Россия
Грибин В.Г. д-р техн. наук (МЭИ), Россия
Григорьянц А.Г. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Грубый С.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Девянин С.Н. д-р техн. наук (РГАУ-МСХА), Россия
Демиков К.Е. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Еникеев Р.Д. д-р техн. наук (УГАТУ), Россия
Еремин Е.Н. д-р техн. наук (ОмГТУ), Россия
Зубков Н.Н. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Калиакпаров А.Г. д-р техн. наук (ПГУ им. С. Торайгырова), Республика Казахстан
Камалудинов В.Г. д-р техн. наук (ЮУрГУ), Россия
Келлер И.Э. д-р физ.-мат. наук (ИМСС УрО РАН, Пермь), Россия
Коновалов А.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Люминарский И.Е. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Марков В.А. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Марченко А.П. д-р техн. наук (НТУ «ХПИ»), Украина**Подураев Ю.В.** д-р техн. наук (МГТУ «Станкин»), Россия
Пожбелко В.И. д-р техн. наук (ЮУрГУ), Россия
Просунцов П.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Резник С.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Русин М.Ю. д-р техн. наук (НПК РТО), Россия
Саяпин С.Н. д-р техн. наук (ИМАШ РАН), Россия
Серебрянников С.В. д-р техн. наук (МЭИ), Россия
Сильченко П.Н. д-р техн. наук (СФУ), Россия
Сорокин Ф.Д. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Судник Л.В. д-р техн. наук (НИИ ИП с ОП), Беларусь
Тимофеев Г.А. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Тимошенко В.П. д-р техн. наук (ОАО НПО «Молния»), Россия
Тимушев С.Ф. д-р техн. наук (МАИ), Россия
Туркин И.К. д-р техн. наук (МАИ), Россия
Хрусталев Б.М. д-р техн. наук (БНТУ), Беларусь
Чернышев А.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Шалай В.В. д-р техн. наук (ОмГТУ), Россия
Шатров М.Г. д-р техн. наук (МАДИ), Россия
Шахматов Е.В. д-р техн. наук (Самарский университет), Россия
Шиганов И.Н. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия
Щерба В.Е. д-р техн. наук (ОмГТУ), Россия
Юша В.Л. д-р техн. наук (ОмГТУ), Россия
Fautrelle Yves Prof., Dr.-Phys. (Grenoble Institute of Technology), France
Shuguo Wang Prof. (Harbin Institute of technology), China
Nguyen Cong Dinh Dr. Sc. (Eng.), Prof. (Le Quy Don Vietnam State Technical University), Vietnam
McMILLAN Alison Dr. Sc. (Eng.) (Glyndwr University), Great Britain
Ceccarelli Marco Prof. (UNICAS), ItalyВ оформлении использованы
шрифты Студии Артемия Лебедева**Содержание****Механика**

- Я.М. Клебанов, А.В. Урлапкин, И.Е. Адеянов, Т.М. Пугачева, К.А. Поляков, А.М. Бражникова**
Динамические нагрузки и долговечность массивных сепараторов подшипников качения 3
- Е.В. Балакина, М.С. Кочетов**
Методика расчета угла увода автомобильного колеса с наклоненной осью вращения 14

Машиностроение и машиноведение

- Г.А. Тимофеев, Е.С. Новиков**
Анализ систем расчета зубчатых передач внутреннего зацепления 23
- Э.Р. Ваниев, Э.Ш. Джемилев, И.Э. Теминдаров, В.В. Скакун**
Установление критерия предварительной приработки инструмента при фрезеровании
нержавеющих сталей 35
- А.А. Лушкин**
Алгоритм автоматизированного проектирования реализуемых последовательностей сборки изделий
ракетно-космической техники на основе применения гиперграфов ограничений 45
- Сильвио Симон, Н.Д. Юсубов, С.Ф. Амирли, Ф.Г. Амиров**
Некоторые особенности стружкообразования при гидроабразивной обработке 53
- А.Д. Ваняшов**
Математическое моделирование помпажа в системе компрессор — сеть с расположением элементов
на линии нагнетания 62
- И.А. Малин, А.А. Райков, А.В. Бурмистров**
Повышение эффективности двухроторной машины внешнего сжатия с трехлопастным
профилем роторов 72
- А.А. Очков, С.В. Годорожа, М.И. Хамади**
Исследование процесса пневмотранспорта гранул полиэтилена в поворотных коленах трубопровода 79
- В.Л. Юша, С.С. Бусаров, А. В. Недовенчаный**
Влияние компоновки системы газораспределения на герметичность тихоходных длинноходовых
поршневых компрессорных ступеней низкого, среднего и высокого давления 89

Авиационная и ракетно-космическая техника

- С.Б. Пичугин**
Исследования процессов горения на стенде международной космической станции 101
- А.Ю. Потюпкин, А.А. Руслеков, Ю.А. Тимофеев, С.А. Волков**
Влияние факторов надежности орбитальных и наземных средств на пропускную способность
наземного комплекса управления многоспутниковыми орбитальными группировками 117
- Д.В. Сапронов, А.Д. Худякова, А.В. Семенов, Д.В. Косовский, А.Н. Селиванов**
Построение модели накопления повреждения лопаток турбин для учета длительной наработки
в эксплуатации 127
- А.С. Ходина**
Расчетно-экспериментальные исследования акустики и акустической прочности летательных аппаратов:
обзор 139

Founder: “Bauman Moscow State Technical University”

Publisher: Bauman Press,
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1
+7-499-263-69-50, 263-60-45
press@bmstu.ru
https://press.bmstu.ru

Revision:
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1,
BMSTU
+7-499-263-63-54, izvuzmash@bmstu.ru
www.izvuzmash.ru

Published since 1958
Issued monthly

Journal is included into the list of periodicals
approved by RF Higher Attestation Commission
for publication of competitors works for scientific
degrees

The journal is included in RISC, platform Russian
Science Citation Index Web of Science, EBSCO

Using materials reference is obligatory

Subscription index of the journal
BMSTU Journal of Mechanical
Engineering at 70370.
The subscription also can be issued
at the Agency «Ural-Press»
+7-495-961-23-62, www.ural-press.ru

Editor-in-Chief: S.Gavryushin
Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)
Executive Secretary: E. Andronova
Layout: N. Berdavsava
Design: A. Klyucheva

Editorial Board:

Artemiev B.V. Dr. Sc. (Eng.) (SPECTR-GROUP), Russia
Bochkarev S.V. Dr. Sc. (Eng.) (PNRPU), Russia
Vaulin S.D. Dr. Sc. (Eng.) (SUSU), Russia
Galinovskii A.L. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Glazunov V.A. Dr. Sc. (Eng.) (IMASH RAN), Russia
Gribin V.G. Dr. Sc. (Eng.) (MPEI), Russia
Grigoryants A.G. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Grubiy S.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Devyanin S.N. Dr. Sc. (Eng.) (RSAU – MTAA), Russia
Demikhov K.E. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Enikeev R.D. Dr. Sc. (Eng.) (USATU), Russia
Eremín E.N. Dr. Sc. (Eng.) (OmSTU), Russia
Zubkov N.N. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Kaliakparov A.G. Dr. Sc. (Eng.) (S. Toraighyrov Pavlodar State University), Kazakhstan
Kamaltudinov V.G. Dr. Sc. (Eng.) (SUSU), Russia
Keller I.E. Dr. of Physical and Mathematical Sciences (IMSS Uro RAS, Perm), Russia
Kononov A.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Lyuminarsky I.E. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Markov V.A. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Marchenko A.P. Dr. Sc. (Eng.) (NTU «KhPI»), Ukraine
Poduraev Yu.V. Dr. Sc. (Eng.) (MSTU «Stankin»), Russia
Pozhbelko V.I. Dr. Sc. (Eng.) (SUSU), Russia
Prosuntsov P.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Reznik S.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia

Rusin M.Yu. Dr. Sc. (Eng.) (NPK RTO), Russia
Sayapin S.N. Dr. Sc. (Eng.) (IMASH RAN), Russia
Serebryannikov S.V. Dr. Sc. (Eng.) (MPEI), Russia
Silchenko P.N. Dr. Sc. (Eng.) (SFU), Russia
Sorokin F.D. Dr.Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Sudnik L.V. Dr. Sc. (Eng.), (Pulse Processes with Pilot Production), Belarus,
Timofeev G.A. D.Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Timoshenko V.P. Dr. Sc. (Eng.) (NPO Molniya), Russia
Timushev S.F. Dr. Sc. (Eng.) (MAI), Russia
Turkin I.K. Dr. Sc. (Eng.) (MAI), Russia
Khrustalev B.M. Dr. Sc. (Eng.) (BNTU), Belarus
Chernyshev A.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Shalay V.V. Dr. Sc. (Eng.) (OmSTU), Russia
Shatrov M.G. Dr. Sc. (Eng.) (MADI), Russia
Shakhmatov E.V. Dr. Sc. (Eng.) (Samara University), Russia
Shiganov I.N. Dr.Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia
Shcherba V.E. Dr. Sc. (Eng.) (OmSTU), Russia
Yusha V.L. Dr. Sc. (Eng.) (OmSTU), Russia
Fautrelle Yves Prof., Dr.-Phys. (Grenoble Institute of Technology), France
Shuguo Wang Prof. (Harbin Institute of technology), China
Nguyen Cong Dinh Dr. Sc. (Eng.), Prof. (Le Quy Don Vietnam State Technical University), Vietnam
McMILLAN Alison Dr. Sc. (Eng.) (Glyndwr University), Great Britain
Ceccarelli Marco Prof. (UNICAS), Italy

Used in the design fonts Lebedev Studio

Contents

Mechanics

I.M. Klebanov, A.V. Uralpkin, I.E. Adeyanov, T.M. Pugacheva, K.A. Polyakov, A.M. Brazhnikova Dynamic loads and durability of the rolling bearing massive separators	3
E.V. Balakina, M.S. Kochetov Method for calculating the side slip angle of a vehicle wheel with a tilted rotation axis	14

Mechanical Engineering and Machine Science

G.A. Timofeev, E.S. Novikov Analyzing computation systems for the transmission internal gearing	23
E.R. Vaniev, E.Sh. Dzhemilov, I.E. Temindarov, V.V. Skakun Establishment of the preliminary tool running-in criterion at the stainless steel milling	35
A.A. Lushkin Algorithm for automated design of the implementable sequences in assembling the spacecraft system components based on introduction of the constraint hypergraphs	45
Sylvio Simon, N.D. Yusubov, S.F. Amirli, F.G. Amirov Certain features of chip formation in the waterjet machining	53
A.D. Vanyashov Mathematical simulation of surge in the system of compressor-network with positioning the network elements in the compressor discharge side	62
I.A. Malin, A.A. Raykov, A.V. Burmistrov Increasing efficiency of a two-rotor external compression machine with the three-blade rotor profile	72
A.A. Ochkov, S.V. Godorozha, M.I. Khamadi Studying the process of the polyethylene granules pneumatic transportation in the pipeline rotary bends	79
V.L. Yusha, S.S. Busarov, A. V. Nedovenchanyi Gas distribution system layout effecting tightness of the long-stroke low-speed piston compressor stages at low, medium and high pressures	89

Aviation, Rocket and Technology

S.B. Pichugin Study of combustion processes using a bench on board the International Space Station	101
A.Y. Potyupkin, A.A. Ruslekov, Y.A. Timofeev, S.A. Volkov Orbital and ground control system reliability factors influencing the throughput of the multi-satellite orbital constellation ground control	117
D.V. Sapronov, A.D. Khudyakova, A.V. Semenov, D.V. Kosovsky, A.N. Selivanov Constructing a turbine blade damage accumulation model for accounting the long-term operating time	127
A.S. Khodina Overview: computational and experimental research in studying acoustics and acoustic strength of the flying vehicles	139