

**Учредитель:** МГТУ им. Н.Э. Баумана**Издатель:**

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана  
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1  
+7-499-263-69-50, 263-60-45  
press@bmstu.ru, https://bmstu.press.ru

**Редакция:**

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 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 степеней

Журнал включен в систему РИНЦ, Russian  
Science Citation Index на платформе Web of  
Science, EBSCO

При использовании материалов ссылка  
на журнал обязательна

Подписной индекс журнала  
«Известия высших учебных заведений.  
Машиностроение» на 2022 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. Бердацева  
**Дизайн:** А.С. Ключева

**Редакционная коллегия:**

**Алешин Н.П.** Академик РАН, д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия  
**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  
**Воробьев Е.И.** д-р техн. наук (ИМАШ РАН), 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  
**Демихов 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  
**Камалтдинов В.Г.** д-р техн. наук (ЮУрГУ), Россия  
**Коновалов А.В.** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия  
**Леонтьев А.И.** Академик РАН, 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  
**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  
**Хрусталева 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  
**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), Italy

В оформлении использованы  
шрифты Студии Артемия Лебедева

## Содержание

### Машиностроение и машиноведение

**А.А. Зеленский, Т.Х. Абдуллин, А.В. Алепо, Ю.В. Илюхин**

Повышение производительности контурной механической обработки путем сглаживания пространственной кусочно-линейной траектории и квазиоптимального планирования подачи ..... 3

**И.Ш. Таналин**

Моделирование процесса формообразования лопаток газотурбинных двигателей с внутриоперационной корректировкой параметров резания. .... 18

**В.Н. Тышкевич**

Оптимизация режимов плоского шлифования деталей малой жесткости типа колец и призматических стержней ..... 29

### Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение

**В.А. Марков, Ф.Б. Барченко, Э.А. Савастенко, А.А. Савастенко, Ш.Р. Лотфуллин, В.А. Неверов**

Форсирование четырехтактного двигателя путем перевода на работу по двухтактному циклу в режимах с низкими частотами вращения ..... 38

**Д.А. Калашников, Ю.А. Борисов, А.В. Чернышев**

Комбинированный метод расчета среднерасходной центробежной компрессорной ступени ..... 53

### Авиационная и ракетно-космическая техника

**В.Т. Калугин, А.Ю. Луценко, Д.М. Слободянюк**

Исследование аэродинамических характеристик различных конструкций крышки люка парашютного контейнера при отделении от возвращаемого аппарата ..... 65

**С.В. Аринчев**

Движение космического аппарата по сверхнизкой окололунной орбите под действием гравитационных аномалий Луны. .... 75

**М.С. Константинов, Р.Г. Курасбедиани**

Анализ характеристик межпланетной траектории, использующей резонансные с орбитой планеты участки траектории, с учетом ее реального движения ..... 85

**Л.П. Мухамедов, Д.А. Кириевский**

Приближенная методика проектировочного баллистического расчета двухступенчатых ракет-носителей ..... 94

**Founder:** "Bauman Moscow State Technical University"

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

**Revision:**  
105005, Moscow, 2<sup>nd</sup> 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. Berdavyteva  
**Design:** A. Klyucheva

**Editorial Board:**  
**Aleshin N.P.** Academician, Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia  
**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  
**Vorobyev E.I.** Dr. Sc. (Eng.) (IMASH RAN), 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  
**Grubyl 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  
**Eremine 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  
**Kamaltidinov V.G.** Dr. Sc. (Eng.) (SUSU), Russia  
**Konovalov A.V.** Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia  
**Leontiev A.I.** Academician, 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  
**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  
**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

### *Mechanical Engineering and Machine Science*

**A.A. Zelensky, T.Kh. Abdullin, A.V. Alepko, Yu.V. Ilyukhin**

Contour Machining Performance Improvement by Smoothing Spatial Piecewise Linear Toolpath  
and Quasi-Optimal Feed Rate Planning ..... 3

**I.Sh. Tanalin**

Modeling the Process of Blades Shaping with Intraoperative Correction of Cutting Parameters ..... 18

**V.N. Tyshkevich**

Optimization of Flat Grinding Modes for Low Rigidity Workpieces such as Rings and Prismatic Rods ..... 29

### *Power, Metallurgic and Chemical Engineering*

**V.A. Markov, F.B. Barchenko, E.A. Savastenko, A.A. Savastenko, Sh.R. Lotfullin, V.A. Neverov**

Forcing a Four-Stroke Engine by Switching it to a Two-Stroke Cycle at Low-Speed Modes. .... 38

**D.A. Kalashnikov, Yu.A. Borisov, A.V. Chernyshev**

Combined Method for Calculating the Average Flow Centrifugal Compressor Stage. .... 53

### *Aviation, Rocket and Technology*

**V.T. Kalugin, A.Yu. Lutsenko, D.M. Slobodyanyuk**

Aerodynamic Study of the Parachute Container Hatch Door with Various Design Parameters  
in its Separation from the Reentry Vehicle ..... 65

**S.V. Arinchev**

Spacecraft Motion in an Ultra-Low Lunar Orbit under Lunar Gravitational Anomalies ..... 75

**M.S. Konstantinov, R.G. Kurasbediani**

Planet's Real Motion Taken into Consideration in Analysis of an Interplanetary Trajectory Using  
Resonant with the Planet's Orbit Segments. .... 85

**L.P. Muhamedov, D.A. Kirievskiy**

Approximate Methodology for Design Ballistic Calculation of Two-Stage Launch Vehicles ..... 94