

**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 2021 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. Бердавец  
**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 (ПУ 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  
**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  
**Шелюфаст В.В.** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Россия  
**Щербя 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

<b>Ю.С. Зайцева, Н.В. Кузнецов, Б.Р. Андриевский, Е.В. Кудряшова</b> Предотвращение колебаний, вызванных летчиком при посадке воздушного судна .....	3
<b>Л.А. Каргинов, Е.И. Воробьев, А.К. Ковальчук</b> Координация движений манипуляторов двурукого робота с двенадцатью степенями свободы при совместном функционировании .....	11
<b>С.Н. Саяпин, О.О. Брындина, П.Г. Ванина</b> Новый подход к трехкоординатному фрезерованию крупногабаритных поверхностей второго порядка ....	19
<b>П.А. Головкин, А.В. Волков, А.В. Крюков</b> Влияние оптимизированной структуры заготовки из ВТ6 на качество обработанной поверхности при лезвийной обработке .....	29
<b>И.В. Ломакин, А.Ю. Рязанцев, С.С. Юхневич, А.А. Широкожухова</b> Создание передовой технологии и оборудования для изготовления титановых шар-баллонов .....	37
<b>В.В. Яхричев</b> Достоинства внедрения инструментов виртуальной реальности при конструкторско-технологической подготовке производства .....	44

### Авиационная и ракетно-космическая техника

<b>С.В. Косьяненко, Е.В. Патраев, В.В. Петрусов, И.В. Трифанов</b> Анализ технологичности деталей гибких волноводных секций космического аппарата .....	53
<b>Е.В. Патраев, М.С. Вакулин, Ю.И. Гордеев, В.Б. Ясинский</b> Высокоскоростное микрофрезерование деталей из композиционных материалов и алюминиевых сплавов .....	62
<b>В.Б. Синильщиков, К.В. Мелихов, С.А. Кунавич</b> Анализ работы арочного эластомерного амортизатора при сложном нагружении .....	73
<b>Н.О. Борщев, О.А. Юранев</b> Теоретическая оценка времени захолаживания бака жидкого водорода при испытании на прочность .....	83
<b>О.В. Татарников, Вэй Аунг Пху, Лин Аунг Найнг</b> Выбор оптимальной конструктивно-силовой схемы лонжеронного композитного крыла .....	90
<b>В.С. Ганжа, Т.А. Марарескул, Д.С. Муратов</b> Калибровка бортовой аппаратуры измерения псевдодалности между космическими аппаратами для повышения точности определения расхождения их шкал времени .....	100
Указатель публикаций в журнале (№ 1–12 за 2021 г.) .....	107

**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.ivvuzmash.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  
**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  
**Eremine E.N.** Dr. Sc. (Eng.) (OmSTU), Russia  
**Zubkov N.N.** Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU), Russia  
**Kaliakparov A.G.** Dr. Sc. (Eng.) (S. Toraihyrov 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  
**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  
**Shelofast V.V.** 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

### *Mechanical Engineering and Machine Science*

<b>Yu.S. Zaytseva, N.V. Kuznetsov, B.R. Andrievsky, E.V. Kudryashova</b> Pilot-Induced Oscillation Prevention During the Aircraft Landing .....	3
<b>L.A. Karginov, E.I. Vorobyov, A.K. Kovalchuk</b> Coordination of Movements of Two-Handed 12-DOF Robot Manipulators at Their Joint Manipulation .....	11
<b>S.N. Sayapin, O.O. Bryyndina, P.G. Vanina</b> New Approach to Three-Coordinate Milling of Large-Sized Surfaces of Second Order .....	19
<b>P.A. Golovkin, A.V. Volkov, A.V. Krykov</b> Influence of the VT6 Alloy Optimized Structure on the Quality of the Machined Surface During Blade Processing .....	29
<b>I.V. Lomakin, A.Yu. Ryazantsev, S.S. Yukhnevich, A.A. Shirokozukhova</b> Development of Advanced Technology and Equipment for Manufacture of Titanium Spherical Vessels .....	37
<b>V.V. Yahrlichev</b> Advantages of Implementing Virtual Reality Tools in Design and Technological Preparation of Production ....	44

### *Aviation, Rocket and Technology*

<b>S.V. Kosyanenko, E.V. Patraev, V.V. Petrusev, I.V. Trifanov</b> Analysis of Fabricability of Flexible Waveguide Parts for Satellite Applications .....	53
<b>E.V. Patraev, M.S. Vakulin, Y.I. Gordeev, V.B. Yasinsky</b> High-Speed Micromilling of Composite and Aluminum Alloy Parts .....	62
<b>V.B. Sinilshchikov, K.V. Melikhov, S.A. Kunavich</b> Analysis of the Operation of an Arched Elastomeric Shock Absorber Under Two-Axial Loading .....	73
<b>N.O. Borschev, O.A. Yuranev</b> Theoretical Estimate of Cooling Time of a Liquid Hydrogen Tank during Structural Tests .....	83
<b>O.V. Tatarnikov, Wai Aung Phyo, Lin Aung Naing</b> Selection of the Optimal Structural Design of a Spar Composite Wing .....	90
<b>V.S. Ganzha, T.A. Marareshkul, D.S. Muratov</b> Calibration of Onboard Equipment for Measuring Pseudo-Range Between Spacecraft to Improve the Accuracy of Determining Their Time Scales Discrepancy .....	100