

**Учредитель:** ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (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, факс: +7 499 261-45-97  
press@bmstu.ru, www.baumanpress.ru

**Редакция:**  
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
+7 499 263-63-54, izvuzmash@bmstu.ru  
www.ivuzmash.bmstu.ru; www.ivuzmash.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

При использовании материалов ссылка обязательна

Подписной индекс журнала  
«Известия высших учебных заведений. Машиностроение» на 2017 г. 70370  
в объединенном каталоге «Пресса России»  
www.pressa-rr.ru

Подписку также можно оформить:

• в агентстве «Урал-Пресс»  
+7 495 961-23-62, www.ural-press.ru

• в редакции журнала  
+7 499 263-63-54, izvuzmash@bmstu.ru  
www.ivuzmash.bmstu.ru

**Главный редактор:** С.С. Гаврюшин  
д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
**Ответственный секретарь:** Е.Н. Андропова  
**Верстка:** Н.Ф. Бердашева  
**Дизайн:** А.С. Ключева

## Редакционная коллегия:

**И.Т. Амонов** канд. техн. наук  
(Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими)  
**Б.В. Артемьев** д-р техн. наук, исполн. директор Ассоциации «СПЕКТР-ГРУПП»  
**А.С. Васильев** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
**С.Д. Ваулин** д-р техн. наук (Южно-Уральский государственный университет)  
**В.А. Глазунов** д-р техн. наук (ИМАШ РАН)  
**А.К. Григорян** канд. физ.-мат. наук (Ереванский государственный университет)  
**Ю.И. Димитриенко** д-р физ.-мат. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
**А.Е. Древалъ** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
**Т.Б. Дуйшеналиев** д-р физ.-мат. наук (Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова)  
**Г.О. Котиев** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
**С.Д. Кугультинов** д-р техн. наук (Ижевский государственный технический университет)  
**А.И. Леонтьев** д-р техн. наук, академик РАН (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
**С.Б. Макыш** д-р экон. наук, профессор (Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева)

**А.П. Марченко** академик Академии Высшей школы Украины, д-р техн. наук (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»)

**Ю.В. Подураев** д-р техн. наук (МГТУ «Станкин»)  
**О.А. Ряховский** д-р техн. наук, профессор (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**С.В. Серебрянников** д-р техн. наук (Московский энергетический институт (технический университет))

**Г.А. Тимофеев** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**С.Г. Фалько** д-р экон. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

**Б.М. Хрусталеv** академик НАН Беларуси, д-р техн. наук (Белорусский национальный технический университет)

**Е.В. Шахматов** д-р техн. наук (Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва)

**Yves Fautrelle** Dr.-Phys., Prof. (Grenoble Institute of Technology)

**Wang Shuguo** Prof., President of Harbin Institute of Technology

**Nguyen Cong Dinh** Dr. Sc. (Eng.), Prof. (Le Quy Don Vietnam State Technical University)

**Alison McMillan** Prof., Wrexham, Great Britain

**Marco Ceccarelli** Prof., Director of the Laboratory of Robotics and Mechatronics at the Cassino University

Отпечатано в ООО «Книга по требованию»  
107078, Москва, Мясницкий пр.-д, д. 4, стр. 1

В оформлении использованы  
шрифты Студии Артемия Лебедева

## Содержание

### Расчет и конструирование машин

<b>В.А. Макаров, А.В. Макаров, Ф.А. Королев</b> Моделирование процессов течения	3
<b>А.В. Журавский</b> Математическое моделирование теплообмена при газозафазном осаждении	10
<b>Ф.Р. Низаметдинов, Ф.Д. Сорокин</b> Разработка конечного элемента осесимметричной оболочки с опцией жесткого торца для решения задач статики и модального анализа тонкостенных конструкций	18
<b>В.С. Сыромятников, Х.М. Гарсия Мартинес, Л.А. Самора Кинтана, М.Г. Ортега Росалес</b> Расчет болтового соединения при переменной нагрузке	28

### Транспортное и энергетическое машиностроение

<b>М.М. Жилейкин, М.Т. Лычкин</b> Разработка принципов повышения маневренности длиннобазных многоосных автопоездов с полуприцепами	36
<b>Е.О. Чудотворова, А.С. Пугачук</b> Оценка возможности применения алюминия для получения водородного топлива	42

### Технология и технологические машины

<b>В.Ф. Белов, В.В. Якуба</b> Центр проектирования инноваций — инструмент распределенного проектирования в машино- и приборостроении	49
<b>С.С. Волков, А.Л. Ремизов, Л.А. Шестель</b> Исследование термомеханических циклов в процессе ультразвуковой резки полимерных материалов	60
<b>С.А. Воронов, В.И. Вайдун, И.С. Воронова</b> Стохастическая модель процесса абразивной обработки. Кинематика плоского шлифования	68

### Авиационная и ракетно-космическая техника

<b>В.Ю. Александров, А.П. Королева, Н.В. Кукшинов, М.С. Французов</b> Численное моделирование теплообмена и определение тепловых и гидравлических характеристик в стендовом теплообменном аппарате змеевикового типа	79
<b>С.В. Русских</b> Плоская нелинейная задача динамики трансформируемой упругой стержневой системы, присоединенной к космическому аппарату	89

# Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building

#11 (692) 2017  
November

certificate of registration of mass media PI № FS77-49142 ISSN 0536-1044 DOI 10.18698/0536-1044-2017-11

**Founder:** «Bauman Moscow State Technical University» (BMSTU)

**Publisher:** Publishing house of BMSTU, 105005, Moscow, 2<sup>nd</sup> Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1 + 7 499 263-69-50, 263-60-45, fax: +7 499 261-45-97 press@bmstu.ru www.baumanpress.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.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

Using materials reference is obligatory

Subscription index of the journal «Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building» at 70370 in the United catalogue «Press of Russia»

www.pressa-rf.ru

The subscription also can be issued:

- at the Agency «Ural-Press» +7 495 961-23-62, www.ural-press.ru
- in magazine edition +7 499 263-63-54, izvuzmash@bmstu.ru www.izvuzmash.bmstu.ru

**Editor-in-Chief:** S.Gavryushin Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

**Executive Secretary:** E. Andronova

**Layout:** N. Berdavyceva

**Design:** A. Klyucheva

## Editorial Board:

**I. Amonov** Cand. Sc. (Eng.)

(Research of Tadzhiik Technical University

Named after Academician M.S. Osimi)

**B. Artemjev** Dr. Sc. (Eng.) Executive

Director of Association SPECTR-GROUP

**A. Vasiljev** Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

**S. Vaulin** Dr. Sc. (Eng.) (Research of

South Ural State University)

**V. Glazunov** Dr. Sc. (Eng.) (IMASH RAN)

**A. Grigoryan** Cand. Sc. (Phys. & Math.)

(Research of Yerevan State University)

**Y. Dimitrienko** Dr. Sci. (Phys. Math.) (BMSTU)

**A. Dreval** Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

**T. Dujshenaliev** Dr. Sc. (Phys. & Math.)

(Kyrgyz State Technical University

Named after I. Razzakov)

**G. Kotiev** Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

**S. Kugultinov** Dr. Sc. (Eng.)

(Izhevsk State Technical University)

**A. Leontiev** Dr. Sc. (Eng.), Academician (BMSTU)

**S. Makysh** Dr. Sc. (Econ.), Professor

(L.N. Gumilyov Eurasian National University)

**A. Marchenko** Academician of Academy of

Sciences of Higher School of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.)

(Research of National Technical University

«Kharkov Polytechnic Institute»)

**Y. Poduraev** Dr. Sc. (Eng.)

(Research of MSTU «Stankin»)

**O. Ryakhovsky** Dr. Sc. (Eng.), Professor (BMSTU)

**S. Serebryannikov** Dr. Sc. (Eng.) (Moscow

Power Engineering Institute (Technical

University))

**G. Timofeev** Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

**S. Falko** Dr. Sc. (Econ.) (BMSTU)

**B. Khrustalev** Academician of National

Academy of Sciences of Belarus, Dr. Sc. (Eng.)

(Belarusian National Technical University)

**E. Shakhmatov** Dr. Sc. (Eng.)

(Samara State Aerospace University

Named after Academician S.P. Korolev)

**Yves Fautrelle** Dr.-Phys., Prof.

(Grenoble institute of Technology)

**Wang Shuguo** Prof., President

of Harbin Institute of Technology

**Nguyen Cong Dinh** Dr. Sc. (Eng.), Prof.

(Le Quy Don Vietnam State Technical University)

**Alison McMillan** Prof., Wrexham, Great Britain

**Marco Ceccarelli** Prof., Director of the

Laboratory of Robotics and Mechatronics

at the Cassino University

Printed in the company «Book on demand» 107078, Moscow, Myasnitskii Alley, Bldg. 4, Blok 1

Used in the design fonts Lebedev Studio

## Contents

### Calculation and Design of Machinery

**V.A. Makarov, A.V. Makarov, F.A. Korolev**

Modelling the Processes of Leak Detection ..... 3

**A.V. Zhuravskiy**

Mathematical Modeling of Heat Transfer During Chemical Vapor Deposition ..... 10

**F.R. Nizametdinov, F.D. Sorokin**

The Development of an Axisymmetric Shell Finite Element with a Rigid End Surface Option for Solving Static and Modal Analysis Problems of Thin-Walled Structures ..... 18

**V.S. Syromyatnikov, J.M. Garcia Martinez, L.A. Samora Quintana, M.G. Ortega Rosales**

Calculation of a Bolted Connection under Variable Load ..... 28

### Transportation and Power Engineering

**M.M. Zhileikin, M.T. Lychkin**

Developing Guidelines for Enhancing Maneuverability of Long-Wheelbase Multi-Axle Road Trains with Semi-Trailers ..... 36

**E.O. Chudotvorova, A.S. Pugachuk**

The Evaluation of the Possibility of Using Aluminum to Produce Hydrogen Fuel ..... 42

### Technology and Process Machines

**V.F. Belov, V.V. Yakuba**

The Centre for Innovation Design — A Tool for Distributed Design in Mechanical Engineering and Instrumentation. .... 49

**S.S. Volkov, A.L. Remizov, L.A. Shestel**

A Study of Thermal Deformation Cycles in the Process of Ultrasonic Cutting of Polymeric Materials ..... 60

**S.A. Voronov, Ma Weidong, I.S. Voronova**

A Stochastic Model of Abrasive Processing. The Kinematics of Flat Grinding. .... 68

### Aviation and Rocket-Space Engineering

**V.Y. Aleksandrov, A.P. Koroleva, N.V. Kukshinov, M.S. Frantsuzov**

Numerical Simulation of Heat Transfer and Determination of Thermal and Hydraulic Characteristics in a Coiled Test Bench Heat Exchanger ..... 79

**S.V. Russkikh**

A Flat Nonlinear Problem of the Dynamics of a Transformable Elastic Rod System Attached to a Spacecraft. .... 89