

Учредитель: ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (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, www.baumanpress.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 степеней

Журнал включен в систему РИНЦ, Russian Science Citation Index на платформе Web of Science, EBSCO
При использовании материалов ссылка обязательна

Подписной индекс журнала
«Известия высших учебных заведений.
Машиностроение» на 2018 г. 70370
в объединенном каталоге «Пресса России»
www.pressa-ri.ru
Подписку также 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)
Артемов Б.В. д-р техн. наук (Ассоциация «СПЕКТР-ГРУПП»)
Ваулин С.Д. д-р техн. наук (Южно-Уральский государственный университет)
Галиновский А.Л. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Глазунов В.А. д-р техн. наук (ИМАШ РАН)
Грибин В.Г. д-р техн. наук (МЭИ)
Григорьянц А.Г. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Грубый С.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Демиков К.Е. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Захаров М.Н. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Зубков Н.Н. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Коновалов А.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Котиев Г.О. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Лесков А.Г. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Леонтьев А.И. Академик РАН, д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Марков В.А. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Марченко А.П. Академик Академии Высшей школы Украины, д-р техн. наук (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»)
Подураев Ю.В. д-р техн. наук (МГТУ «Станкин»)
Поляков С.А. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Просунцов П.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Резник С.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Русин М.Ю. д-р техн. наук (НПК РТО)

Серебрянников С.В. д-р техн. наук (МЭИ)
Тимофеев Г.А. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Тимошенко В.П. д-р техн. наук (ОАО НПО «Молния»)
Тимушев С.Ф. д-р техн. наук (МАИ)
Туркин И.К. д-р техн. наук (МАИ)
Хрусталев Б.М. Академик НАН Беларуси, д-р техн. наук (Белорусский национальный технический университет)
Чернышев А.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Шалай В.В. д-р техн. наук (Омский государственный технический университет)
Шатров М.Г. д-р техн. наук (МАДИ)
Шахматов Е.В. д-р техн. наук (Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева)
Шеллофаст В.В. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Шиганов И.Н. д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
Щерба В.Е. д-р техн. наук (Омский государственный технический университет)
Юша В.Л. д-р техн. наук (Омский государственный технический университет)
Yves Fautrelle Dr.-Phys., Prof. (Grenoble Institute of Technology), France
Wang Shuguo Prof. (Harbin Institute of technology), China
Nguyen Cong Dinh Dr. Sc. (Eng.), Prof. (Le Quy Don Vietnam State Technical University), Vietnam
Alison McMillan Dr. Sc. (Eng.), Prof. (Glyndwr University), Great Britain
Marco Ceccarelli Prof. (Laboratory of Robotics and Mechatronics at the Cassino University), Italy
Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
baumanprint@gmail.com
В оформлении использованы
шрифты Студии Артемия Лебедева

Содержание

Машиностроение и машиноведение

В.С. Сыромятников, Х.М. Гарсия Мартинес, Л.А. Самора Кинтана, М.Г. Ортега Росалес Расчет и выбор подшипников повышенной надежности	3
М.А. Шавва, С.В. Грубый Шероховатость поверхности твердосплавных пуансонов при шлифовании алмазными кругами, изготовленными по технологии многослойного композиционного электролитического покрытия	10
Г.Б. Евгеньев Российские технологии создания систем класса «Индустрия 4.0». Часть 2	18
А.Л. Тукмаков, Н.А. Тукмакова Определение моментов времени смены режимов динамической системы с помощью индикаторной функции числа состояний	28
М.С. Куц Экспериментальное исследование влияния усилия затяжки болтов на резонансные частоты консольно закрепленной балки	37

Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение

А.Ф. Рекстин, К.В. Солдатова, Ю.Б. Галеркин Верификация упрощенной математической модели центробежных компрессорных ступеней	44
А.В. Чернышев, Ю.В. Кюрджиев, Н.В. Атамасов, А.В. Лебедев Обоснование выбора модели рабочего тела при расчете динамических параметров пневмогидравлических систем	57
В.Д. Моляков, Б.А. Куникеев, Н.И. Троицкий Влияние открытого осевого зазора на течение газа и потери энергии в ступени турбины с бандажом на рабочих лопатках	64

Авиационная и ракетно-космическая техника

К.Ю. Арефьев, М.А. Ильченко Определение акустических характеристик проточного тракта переменного сечения лабораторной установки	74
О.Н. Тушев, Е.В. Юнак, А.В. Беляев Оценка влияния случайного разброса параметров на динамику конструкций с использованием интерполяционного метода	82

Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building

#9 (702) 2018
September

certificate of registration of mass media PI № FS77-49142 ISSN 0536-1044 DOI: 10.18698/0536-1044-2018-9

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

Publisher: Publishing house of BMSTU, 105005, Moscow, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1 + 7 499 263-69-50, 263-60-45 press@bmstu.ru www.baumanpress.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 «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

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

Executive Secretary: E. Andronova

Layout: N. Berdavtceva

Design: A. Klyucheva

Editorial Board:

Aleshin N.P. Academician, Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Artemiev B.V. Dr. Sc. (Eng.) (Association SPECTR-GROUP)

Vaulin S.D. Dr. Sc. (Eng.) (South Ural State University)

Galinovskii A.L. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Glazunov V.A. Dr. Sc. (Eng.) (Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences)

Gribin V.G. Dr. Sc. (Eng.) (MPEI)

Grigoryants A.G. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Grubiy S.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Demikhov K.E. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Zakharov M.N. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Zubkov N.N. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Konovalov A.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

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

Leskov A.G. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

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

Markov V.A. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Marchenko A.P. Dr. Sc. (Eng.) (National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»)

Poduraev Yu.V. Dr. Sc. (Eng.) (MSTU «Stankin»)

Polyakov S.A. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Prosuntsov P.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Reznik S.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Rusin M.Yu. Dr. Sc. (Eng.) (NPK RTO)

Serebryannikov S.V. Dr. Sc. (Eng.) (Moscow Power Engineering Institute (Technical University))

Timofeev G.A. D.Sc. (Eng.) (BMSTU)

Timoshenko V.P. Dr. Sc. (Eng.) (Center for ground testing and experimental studies Molniya)

Timushev S.F. Dr. Sc. (Eng.) (MAI)

Turkin I.K. Dr. Sc. (Eng.) (MAI)

Khrustalev B.M. Dr. Sc. (Eng.) (Belarusian National Technical University)

Chernyshev A.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Shalay V.V. Dr. Sc. (Eng.) (Omsk State Technical University)

Shatrov M.G. Dr. Sc. (Eng.) (MADI)

Shakhmatov E.V. Dr. Sc. (Eng.) (Samara State Aerospace University Named after Academician S.P. Korolev)

Shelofast V.V. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Shiganov I.N. Dr. Sc. (Eng.) (BMSTU)

Sherba V.E. Dr. Sc. (Eng.) (Omsk State Technical University)

Yusha V.L. Dr. Sc. (Eng.) (Omsk State Technical University)

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

Wang Shuguo Prof. (Harbin Institute of technology), China

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

Alison McMillan Dr. Sc. (Eng.), Prof. (Glyndwr University), Great Britain

Marco Ceccarelli Prof. (Laboratory of Robotics and Mechatronics at the Cassino University), Italy

Used in the design fonts Lebedev Studio

Contents

Mechanical Engineering and Machine Science

V.S. Syromyatnikov, J.M. Garcia Martinez, L.A. Samora Quintana, M.G. Ortega Rosales The Calculation and Selection of Bearings of Increased Reliability	3
M.A. Shavva, S.V. Grubiy The Surface Roughness of Carbide Punches when Grinding by Diamond Wheels Manufactured Using the Multi-Layer Composite Electrolytic Coating Technology	10
G.B. Evgenev Russian Technologies for Creation of Industry 4.0 Systems. Part 2	18
A.L. Tukmakov, N.A. Tukmakova The Determination of Instants of the Change of Modes of a Dynamic System Using the Indicator Function of the Number of States	28
M.S. Kuts An Experimental Study of the Effect of Screw Tightening on the Resonance Frequencies of a Cantilever Beam	37

Power, Metallurgic and Chemical Engineering

A.F. Rekstin, K.V. Soldatova, Y.B. Galerkin The Verification of a Simplified Mathematical Model of the Centrifugal Compressor Stages	44
A.V. Chernyshev, Y.V. Kyurdzhiev, N.V. Atamasov, A.V. Lebedev Justification of the Working Medium Model Selection for Calculation of Dynamic Parameters of Pneumohydraulic Systems	57
V.D. Molyakov, B.A. Kunikeev, N.I. Troitskiy The Influence of the Open Axial Clearance on the Gas Flow and Energy Losses in the Turbine Stage with a Shroud on Working Blades	64

Aviation, Rocket and Technology

K.Y. Arefyev, M.A. Ilchenko The Determination of the Flow Acoustic Characteristics in a Duct with Variable Cross-Section of a Laboratory Unit	74
O.N. Tushev, E.V. Yunak, A.V. Belyaev An Assessment of the Influence of Random Deviation of Parameters on the Dynamic Characteristics Using the Interpolation Method	82