

# ВЕСТНИК

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ



## БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 11(108)  
2021

Издается с 2004 года

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-11

Журнал выходит 12 раз в год

Председатель редакционного совета – Федонин О.Н., д-р техн. наук, проф.

Заместитель председателя редакционного совета – Нагоркин М.Н., д-р техн. наук, доц.

Редакционный совет:

Агеев Е.В., д-р техн. наук, проф., (Курск)

Агуреев И.Е., д-р техн. наук, проф., (Тула)

Албагачиев А.Ю., д-р техн. наук, проф., (Москва)

Антипин Д.Я., канд. техн. наук, доц., (Брянск)

Анцев В.Ю., д-р техн. наук, проф., (Тула)

Безъязычный В.Ф., д-р техн. наук, проф., (Рыбинск)

Бишутин С.Г., д-р техн. наук, проф., (Брянск)

Буяновский И.А., д-р техн. наук, (Москва)

Вайнер Л.Г., д-р техн. наук, проф., (Хабаровск)

Волохов Г.М., д-р техн. наук, проф., (Коломна)

Горленко А.О., д-р техн. наук, проф., (Брянск)

Дорохин С.В., д-р техн. наук, доц., (Воронеж)

Ивахненко А.Г., д-р техн. наук, проф., (Курск)

Киричек А.В., д-р техн. наук, проф., (Брянск)

Космодамианский А.С., д-р техн. наук, проф., (Москва)

Куц В.В., д-р техн. наук, проф., (Курск)

Макаренко К.В., д-р техн. наук, проф., (Брянск)

Макаров В.Ф., д-р техн. наук, проф., (Пермь)

Мокрицкий Б.Я., д-р техн. наук, проф., (Комсомольск-на-Амуре)

Петрешин Д.И., д-р техн. наук, доц., (Брянск)

Подмастерьев К.В., д-р техн. наук, проф., (Орел)

Пугачев А.А., д-р техн. наук, доц., (Брянск)

Рассоха В.И., д-р техн. наук, доц., (Оренбург)

Савин Л.А., д-р техн. наук, проф., (Орел)

Смоленцев В.П., д-р техн. наук, проф., (Воронеж)

Соловьев Д.Л., д-р техн. наук, проф., (Муром)

Степанов Ю.С., д-р техн. наук, проф., (Орел)

Суслов А.Г., д-р техн. наук, проф., (Брянск)

Трушников Д.Н., д-р техн. наук, (Пермь)

Туричин Г.А., д-р техн. наук, проф., (Санкт-Петербург)

Хейфец М.Л., д-р техн. наук, проф., (Минск, Беларусь)

Химухин С.Н., д-р техн. наук, проф., (Хабаровск)

Шалыгин М.Г., д-р техн. наук, доц., (Брянск)

Шантаренко С.Г., д-р техн. наук, доц., (Омск)

Янюшкин А.С., д-р техн. наук, проф., (Чебоксары)

Редколлегия:

Главный редактор – Хандожко А.В., д-р техн. наук, проф.

Зам. главного редактора – Морозова А.В., канд. соц. наук

Отв. секретарь – Татаринцев В.А., канд. техн. наук

Корректор – Ерохина В.А.

Адрес редакции:

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

Телефон: +7 (4832) 58-82-77

Сайт: <http://www.tu-bryansk.ru/info/zhurnaly>

E-mail: [vestnik@tu-bryansk.ru](mailto:vestnik@tu-bryansk.ru)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Серия ПИ № ФС77-75522 от 12 апреля 2019 года

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении или непосредственно в редакции журнала. Подписной индекс по интернет-каталогу "Пресса по подписке": Э80859.

Журнал включен в специализированный референтный библиографический сервис CrossRef

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по группам специальностей

05.02.00 – Машиностроение и машиноведение (05.02.02, 05.02.04, 05.02.07, 05.02.08, 05.02.10, 05.02.11), 05.22.00 – Транспорт (05.22.07)

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Вестник Брянского государственного технического университета», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

© Брянский государственный технический университет, 2021

## BULLETIN

SCIENTIFIC  
TECHNICAL  
JOURNAL

## of BRYANSK STATE TECHNICAL UNIVERSITY

№ 11(108)  
2021

Issued since 2004

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-11  
Journal is published 12 times a yearChairman of Editorial Council – **O.N. Fedonin**, D.Eng., Prof.  
Vice-Chairman of Editorial Council – **M.N. Nagorkin**, D.Eng., Prof.

## Editorial Council:

**E.V. Ageev**, D.Eng., Prof., (Kursk)  
**I.E. Agureev**, D.Eng., Prof., (Tula)  
**A.Yu. Albagachiev**, D.Eng., Prof., (Moscow)  
**D.Ya. Antipin**, Can.Eng., Ass. Prof., (Bryansk)  
**V.Yu. Antsev**, D.Eng., Prof., (Tula)  
**V.F. Bezyazychny**, D.Eng., Prof., (Rybinsk)  
**S. G. Bishutin**, D.Eng., Prof., (Bryansk)  
**I. A. Buyanovsky**, D.Eng., (Moscow)  
**S.V. Dorokhin**, D.Eng., Ass. Prof., (Voronezh)  
**A.O. Gorlenko**, D.Eng., Prof., (Bryansk)  
**A.G. Ivakhnenko**, D.Eng., Prof., (Kursk)  
**M.L. Kheifits**, D.Eng., Prof., (Minsk, Belarus)  
**S.N. Khimukhin**, D.Eng., Prof., (Khabarovsk)  
**A.V. Kirichek**, D.Eng., Prof., (Bryansk)  
**A.S. Kosmodamianskiy**, D.Eng., Prof., (Moscow)  
**V.V. Kuts**, D.Eng., Prof., (Kursk)  
**K.V. Makarenko**, D.Eng., Prof., (Bryansk)  
**V.F. Makarov**, D.Eng., Prof., (Perm)

**B.Ya. Mokritsky**, D.Eng., Prof., (Komsomolsk-upon Amur)  
**D.I. Petreshin**, D.Eng., Ass. Prof., (Bryansk)  
**K.V. Podmasteryev**, D.Eng., Prof., (Orel)  
**A.A. Pugachev**, D.Eng., Ass. Prof., (Bryansk)  
**V.I. Rassoha**, D.Eng., Ass. Prof., (Orenburg)  
**L.A. Savin**, D.Eng., Prof., (Orel)  
**M.G. Shalygin**, D.Eng., Ass. Prof., (Bryansk)  
**S.G. Shantarenko**, D.Eng., Ass. Prof., (Omsk)  
**V.P. Smolentsev**, D.Eng., Prof., (Voronezh)  
**D.L. Solovyov**, D.Eng., Prof., (Murom)  
**Yu.S. Stepanov**, D.Eng., Prof., (Orel)  
**A.G. Suslov**, D.Eng., Prof., (Bryansk)  
**D.N. Trushnikov**, D.Eng., (Perm)  
**G.A. Turichin**, D.Eng., Prof., (St. Petersburg)  
**L.G. Vainer**, D.Eng., Prof., (Khabarovsk)  
**G.M. Volokhov**, D.Eng., Prof., (Kolomna)  
**A.S. Yanyushkin**, D.Eng., Prof., (Cheboksary)

## Editorial Board:

Editor-in-Chief – **A.V. Khandozhko**, D.Eng., Prof.  
 Deputy Editor-in-Chief – **A.V. Morozova**, Can.Sociol. Sc.  
 Executive Secretary – **V.A. Tatarintsev**, Can.Eng.  
 Proof-reader – **V.A. Yerokhina**

## Editorial Office Address:

7, 50 years of October Boulevard, Bryansk, 241035, Russia  
 Phone: +7 (4832) 58-82-77  
 Site: <http://www.tu-bryansk.ru/info/zhurnaly>  
 E-mail: [vestnik@tu-bryansk.ru](mailto:vestnik@tu-bryansk.ru)

The journal is registered in the Federal Service for supervision of communications, information technologies and mass media. Series PI No. FS77 - 75522 of April 12, 2019

A journal is spread through a subscription which may be drawn up in any post-office or directly in the editorial office of the journal. Subscription index in the Internet-catalog "Press by Subscription": E80859.

Journal is included in a specialized consultant bibliographical service CrossRef

Reprinting, all kinds of material copying and reproduction of materials published in the journal "Bulletin of Bryansk State Technical University" is allowed only with the Editorial Board's permission and a reference to the source of information

## СОДЕРЖАНИЕ

## Транспорт

- Клименко В.А., Карелина М.Ю. Решение много-  
критериальной задачи определения критериев эф-  
фективности транспортно-логистической системы 4

- Летопольский А.Б., Корчагин П.А., Тетерина  
И.А. Рабочее оборудование экскаватора для выбо-  
рочного ремонта трубопровода 10

## Машиностроение и машиноведение

- Реутов А.А. Моделирование движения двери с  
механизмом закрывания 17

- Антонова Н.М., Хаустова Е.Ю. Оценка дефектов  
поверхности изделий с помощью цифровых техно-  
логий 24

- Лобанов И.Е. Теоретическое математическое мо-  
делирование теплообмена на воздухе в трубах с  
треугольными и квадратными турбулизаторами с  
 $d/D=0,95\div 0,90$  и  $t/D=0,25\div 1,00$  при высоких крите-  
риях Рейнольдса  $Re=10^6$  33

- Федоров В.П., Нагоркин М.Н., Вайнер Л.Г. Ме-  
тодологические основы диагностики технологиче-  
ских систем металлообработки по параметриче-  
ской надежности обеспечения заданного качества  
обрабатываемых поверхностей 49

- Курносоев Н.Е., Тарнопольский А.В., Накашидзе  
Ю.Ю. Обеспечение герметичности в соединениях  
деталей с натягом 64

## Международный открытый форум

- Назин К.Н., Чжао Я. Беспилотная городская  
аэромобильность: технологии ближайшего буду-  
щего 73

## CONTENTS

## Transportation means

- V.A. Klimenko, M.Yu. Karelina. Solving the  
multi-criteria task of determining the criteria for  
the effectiveness of the transport and logistics sys-  
tem 4

- A.B. Letopolsky, P.A. Korchagin, I.A. Teterina.  
Excavator working equipment for islands of pipe-  
line repair 10

Mechanical engineering  
and engineering science

- A.A. Reutov. Simulation of door movement with  
a closing mechanism 17

- N.M. Antonova, E.Y. Khaustova. Evaluation of  
surface defects of products using digital technolo-  
gies 24

- I.E. Lobanov. Theoretical mathematical modeling  
of heat exchange in pipes with triangular and  
square turbulators with  $d/D=0.95\div 0.90$ ,  
 $t/D=0.25\div 1.00$  and high Reynolds numbers  $Re=10^6$  33

- V.P. Fedorov, M.N. Nagorkin, L.G. Vainer.  
Methodological foundations of diagnostics of met-  
alworking technological systems according to par-  
ametric reliability of ensuring a given quality of the  
treated surfaces 49

- N. E. Kurnosov, A.V. Tarnopolsky, Yu. Yu.  
Nakashidze. Ensuring tightness in pressure cou-  
pling parts 64

## International open forum

- K.N. Nazin, Yu. Chzhao. Unmanned urban air  
mobility: technologies of the near future 73