

Вестник  
Самарского  
Государственного  
Технического  
Университета

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ  
Издается с августа 1993 г.  
Выходит 4 раза в год  
Декабрь – 2019

**Серия**  
**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

№ 4 (64) – 2019

---

Учредитель – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

**Главный редактор серии** Э.Я. Рапопорт (д.т.н., проф.)  
**Отв. секретарь серии** И.Г. Минакова

**Редакционная коллегия:**

А.М. Абакумов (д.т.н., проф.)  
Е. Вааке (проф., Германия)  
В.И. Батищев (д.т.н., проф.)  
Л.С. Зимин (д.т.н., проф.)  
Л.С. Казаринов (д.т.н., проф.)  
О.С. Колосов (д.т.н., проф.)  
П.К. Кузнецов (д.т.н., проф.)  
В.И. Лачин (д.т.н., проф.)  
М.Ю. Лившиц (д.т.н., проф.)  
S. Luri (проф., Италия)  
В. Naske (проф., Германия)  
С.П. Орлов (д.т.н., проф.)  
Л.Д. Певзнер (д.т.н., проф.)  
Ю.Э. Плешивцева (д.т.н., проф.)  
В.К. Тянь (д.т.н., проф.)  
M. Forzan (проф., Италия)

## НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Вестник Самарского государственного технического университета  
Серия «Технические науки» (№ 4(64) – 2019)

Учредитель – ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус

Редактор Г.В. Загребина  
Компьютерная верстка И.Г. Минова

*Свидетельство о регистрации*  
ПИ №ФС 77-64449 от 31.12.2015.

Подписано в печать 20.12.2019.  
Выход в свет 05.02.20

*Адрес редакции и издателя:*  
ФГБОУ ВО «Самарский  
государственный  
технический университет»  
443100, г. Самара,  
ул. Молодогвардейская, 244  
Главный корпус

Формат 70 × 108 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 24,3 п.л.  
Уч.-изд. л. 23,4 п.л.  
Тираж 500 экз. Рег. № 247/19.  
Заказ № 964

Телефон: (846) 337 03 42  
E-mail: vest\_teh@samgtu.ru  
Факс: (846) 278 44 40

Отпечатано в типографии Самарского  
государственного технического университета  
*Адрес типографии:*  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.  
Корпус 8

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим группам научных специальностей: 05.13.00 – Информатика, вычислительная техника и управление; 05.11.00 – Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы; 05.09.00 – Электротехника.

Полнотекстовый доступ к статьям журнала осуществляется на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>) и на сайте СамГТУ (<http://vestnik-teh.samgtu.ru>).

**Подписной индекс в каталоге «Роспечать» 18106**  
**ISSN 1991-8542**

© Авторы, 2019  
© Самарский государственный  
технический университет, 2019

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1
----------------	--

Цена свободная

# Vestnik of Samara State Technical University

SCIENTIFIC JOURNAL

Published since August 1993

Four Issues a Year

December – 2019

Technical Sciences Series

2019. Issue 4 (64)

---

Founder – Samara State Technical University

**Editor-in-Chief of Series** E.Y. Rapoport (Dr. Techn. Sci., Prof.)

**Executive Secretary of Series** I.G. Minakova

## **Editorial board**

A.M. Abakumov (Dr. Techn. Sci., Prof.)

E. Baake (Prof. Leibniz University of Hannover, Germany)

V.I. Batishchev (Dr. Techn. Sci., Prof.)

L. S. Zimin L.S. (Dr. Techn. Sci., Prof.)

L.S. Kazarinov (Dr. Techn. Sci., Prof., South Ural State University)

O.S. Kolosov (Dr. Techn. Sci., Prof., Moscow Power Engineering Institute)

P.K. Kuznetsov P. K. (Dr. Techn. Sci., Prof.)

V.I. Lachin (Dr. Techn. Sci., Prof., South-Russian State Technical University (NPI))

M.Y. Livshits (Dr. Techn. Sci., Prof.)

S. Lupi (Prof., University of Padua, Italy)

B. Nacke (Prof., Leibniz University of Hannover, Germany)

S.P. Orlov (Dr. Techn. Sci., Prof.)

L.D. Pevzner (Dr. Techn. Sci., Prof., Moscow State Mining University)

Y.E. Pleshivtseva (Dr. Techn. Sci., Prof.)

V.K. Tian (Dr. Techn. Sci., Prof.)

M. Forzan (Prof., University of Padua, Italy)

Edited by G. V. Zagrebina  
Compiled and typeset by I. G. Minakova

The Editorial Board Address:

Dept. of Automatic and Control in Technical Systems

Samara State Technical University

244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Phone: +7(846) 337 03 42

E-mail: vest\_teh@samgtu.ru

Printed at the Samara State Technical University Press

The journal is included in the Russian Science Citation Index.

The journal is included in VINITI (<http://www.viniti.ru>) abstracts databases.

The full-text electronic version of journal is hosted by the web-site of scientific electronic library eLIBRARY.RU and by the site SamGTU (<http://vestnik-teh.samgtu.ru>).

**The subscription index in Rospechat catalogue 18106**

**ISSN 1991-8542**