

Научно-теоретический и прикладной журнал Издается с 1990 г. Периодичность 4 выпуска в год	Scientific-theoretical and applied-science journal Published since 1990 Issued four times a year
<p>Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и доктора наук.</p>	
<p>Журнал включен в <b>РИНЦ</b>, <b>RSCI</b> (на платформе <b>Web of Science</b>), <b>EBSCO</b>.</p>	

<b>Главный редактор</b>		<b>Editor-in-Chief</b>	
<b>д-р техн. наук, профессор</b>	<b>А.А. Александров</b>	<b>Dr. Sc. (Eng.), Prof.</b>	<b>A.A. Aleksandrov</b>
<b>Зам. главного редактора</b>		<b>Deputy Editor-in-Chief</b>	
<b>д-р техн. наук, профессор</b>	<b>В.А. Товстоног</b>	<b>Dr. Sc. (Eng.), Prof.</b>	<b>V.A. Tovstonog</b>
<b>Ответственный секретарь</b>	<b>А.С. Водчиц</b>	<b>Assistant Editor</b>	<b>A.S. Vodchits</b>

<b>Редакционная коллегия</b>		
<b>Председатель редколлегии</b>		
<b>д-р физ.-мат. наук, профессор</b>	<b>А.П. Карпенко</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>В.И. Аверченков</b>	<b>(БГТУ)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>Н.В. Барышников</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>М.А. Басараб</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук	<b>О.Ж. Бабомурадов</b>	<b>(ТУИТ, Республика Узбекистан)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>А.Б. Борзов</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р физ.-мат. наук, профессор	<b>А.П. Виноградов</b>	<b>(ИТПЭ РАН)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>И.Б. Власов</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>Е.М. Воронов</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>Ю.В. Гуляев</b>	<b>(ИРЭ РАН)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>В.В. Девятков</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>А.И. Дивеев</b>	<b>(ФИЦ ИУ РАН)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>И.П. Иванов</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>О.Н. Корсун</b>	<b>(ГосНИИАС)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>Е.Е. Нечаев</b>	<b>(МГТУ ГА)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>А.М. Пашаев</b>	<b>(Национальная академия наук Азербайджана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>А.А. Платонов</b>	<b>(Варшавский политехнический университет, Польша)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>В.И. Пронякин</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>Д.А. Рогаткин</b>	<b>(ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского)</b>
чл.-корр. РАН	<b>В.И. Рыжий</b>	<b>(Университет Тохоку, Япония)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>Е.С. Семёнкин</b>	<b>(СибГУ им. М.Ф. Решетнёва)</b>
академик РАН, профессор	<b>Ю.С. Соломонов</b>	<b>(Корпорация «Московский институт теплотехники»)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>В.Н. Харисов</b>	<b>(ОАО «ВНИИР-Прогресс»)</b>
чл.-корр. РАН	<b>В.А. Шахнов</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>М.В. Щербakov</b>	<b>(ВолГТУ)</b>
д-р техн. наук, профессор	<b>А.С. Ющенко</b>	<b>(МГТУ им. Н.Э. Баумана)</b>

#### The Editorial Board

<b>The Chairman of Editorial Board</b>		
<b>Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.</b>	<b>A.P. Karpenko</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>V.I. Averchenkov</b>	<b>(Bryansk State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>N.V. Baryshnikov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>M.A. Basarab</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.)	<b>O.Zh. Babomuradov</b>	<b>(Tashkent University of Information Technologies n.a. Muhammad Al-Khwarizmi, Republic of Uzbekistan)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>A.B. Borzov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	<b>A.A. Platonov</b>	<b>(Institute of Theoretical and Applied Electrodynamics, Russian Academy of Sciences)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>I.B. Vlasov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>E.M. Voronov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Academician of Russian Academy of Sciences	<b>Yu.V. Gulyaev</b>	<b>(Institute of Radio Electronics, Russian Academy of Sciences)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>V.V. Devyatkov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>A.I. Diveev</b>	<b>(Federal Research Center Computer Science and Control, Russian Academy of Sciences)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>I.P. Ivanov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>O.N. Korsun</b>	<b>(State Research Institute of Aviation Systems)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>E.E. Nechayev</b>	<b>(Moscow State Technical University of Civil Aviation)</b>
Academician of Azerbaijan National Academy of Sciences	<b>A.M. Pashaev</b>	<b>(Azerbaijan National Academy of Sciences)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>A.A. Platonov</b>	<b>(Warsaw University of Technology, Poland)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>V.I. Pronyakin</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Assoc. Prof.	<b>D.A. Rogatkin</b>	<b>(Moscow Regional Research and Clinical Institute n.a. M.F. Vladimirsky)</b>
Corresponding Member of Russian Academy of Sciences	<b>V.I. Ryzhii</b>	<b>(Tohoku University, Japan)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>E.S. Semenkin</b>	<b>(Reshetnev Siberian State University of Science and Technology)</b>
Academician of Russian Academy of Sciences	<b>Yu.S. Solomonov</b>	<b>(Moscow Heat Technology Institute Corporation)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>V.N. Kharisov</b>	<b>(OAO VNIIR-Progress)</b>
Corresponding Member of Russian Academy of Sciences	<b>V.A. Shachnov</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>M.V. Shcherbakov</b>	<b>(Volgograd State Technical University)</b>
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	<b>A.S. Yushchenko</b>	<b>(Bauman Moscow State Technical University)</b>

<b>Редакторы</b> А.С. Водчиц, Е.А. Петрова	<b>Staff Editor’s</b> A.S. Vodchits, Е.А. Petrova
--	---

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021  
© Bauman Moscow State Technical University, 2021

## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Редакция журнала «Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана» принимает к рассмотрению только рукописи оригинальных статей на русском или английском языке, подготовленные в высших учебных заведениях, научных и промышленных организациях, содержащие научные результаты или технические разработки, по группам научных специальностей (научным направлениям) журнала, ранее не опубликованные в других изданиях. Рукописи статей, оформленные с нарушением перечисленных ниже требований, редакцией не рассматриваются.

#### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ СТАТЬИ (для статей на русском языке)

- Общие требования**
  - Текст рукописи статьи предоставляется в редакцию в одном печатном виде, содержащем рисунки (5–7 шт.), подписи к рисункам, таблицы (1–2 шт.), литературу (не менее 15 источников), общим объемом не более 0,5–0,7 п.л. (12–15 стр.) и в электронном виде (файл формата MS Word .doc или .docx).
  - К рукописи статьи должны быть приложены документы:
    - авторское заявление на публикацию статьи;
    - представление от НТС кафедры или НИИ — для сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана, сопроводительное письмо на имя главного редактора — для сторонних авторов;
    - экспертное заключение о возможности открытого опубликования.
  - Рукопись статьи должна содержать:
    - индекс универсальной десятичной классификации (УДК);
    - полное название статьи на русском языке;
    - инициалы и фамилии авторов на русском языке;
    - название организаций (официальное сокращенное), в которых работают авторы, на русском языке;
    - адрес электронной почты каждого из авторов;
    - аннотация (150–200 слов) на русском языке;
    - ключевые слова (5–7 слов) на русском языке;
    - текст, включая рисунки (5–7 шт.), подписи к рисункам, таблицы (1–2 шт.).
    - информация о финансовой поддержке — номер гранта, программы (при наличии);
    - благодарности (при наличии);
    - литература на русском языке;
    - сведения об авторах на русском языке с указанием ученой степени, должности, места работы (кафедры, отдела), названия организации, полного адреса места работы, Scopus Author ID, ORCID, Web of Science Researcher ID;
    - полное название статьи на английском языке;
    - инициалы и фамилии авторов на английском языке;
    - название организаций (полное или официальное сокращенное), в которых работают авторы на английском языке;
    - аннотация на английском языке;
    - ключевые слова на английском языке;
    - литература на латинице (референс);
    - сведения об авторах на английском языке.

- Требования к оформлению УДК, названия статьи, авторов**
  - В левом верхнем углу страницы указывают индекс УДК. Шрифт обычный, Times New Roman. Размер шрифта — 12 пунктов, выравнивание по левому краю.
  - Название статьи должно быть набрано полужирным шрифтом размером 12 пунктов и четко отражать ее содержание. Не допускается, чтобы название состояло из нескольких предложений. Название не должно содержать математические формулы, буквы алфавитов, отличных от русского и латинского, аббревиатуры.
  - Фамилии, имена и отчества авторов пишут шрифтом размером 12 пунктов, после фамилии каждого автора ставят сноску, затем указывают адрес электронной почты. В сноске указывают название организации, город, страну.
  - Сноска, выполненная шрифтом размером 12 пунктов, включает в себя полное название организации, город, страну. Обращаем внимание на то, что эти сведения должны полностью совпадать с информацией, размещенной на официальном сайте организации. Название, список авторов и перечень учреждений выравниваются по левому краю.

##### 3. Требования к оформлению аннотации

- Аннотация (150–200 слов) должна кратко излагать цель статьи и основные результаты, содержащиеся в ней.
- Размер шрифта — 12 пунктов, выравнивание по ширине страницы.

##### 4. Требования к оформлению ключевых слов

4.1. Ключевые слова (5–7 слов). Начертание — курсив, размер шрифта — 12 пунктов, выравнивание по левому краю страницы, разделитель ключевых слов — запятая.

##### 5. Требования к оформлению текста рукописи статьи

- Рукопись статьи должна быть представлена в виде файла формата MS Word (.doc или .docx). Файлы в формате .pdf не принимаются.
Поля страницы: нижнее — 2 см; верхнее — 2 см; левое — 3 см; правое — 1 см. Шрифт обычный, Times New Roman. Размер шрифта — 12 пунктов, межстрочный интервал — 1,5 строки, абзацный отступ — 1,25 см, выравнивание по ширине страницы. Страницы должны быть пронумерованы.
- Рекомендуемая структура рукописи статьи:
  - введение (краткое изложение состояния рассматриваемого вопроса, постановка цели и задач исследования);
  - материалы и методы решения задач, принятые допущения;

- результаты (основное содержание статьи, доказательства представленных в статье положений, исходные и конечные математические выражения, эксперименты и расчеты, примеры и иллюстрации);
- обсуждение полученных результатов и сопоставление их с ранее известными;
- заключение (выводы и рекомендации).
- Встречающиеся в тексте условные обозначения и сокращения, аббревиатуры должны быть раскрыты при первом упоминании их в тексте, за исключением принятых сокращений единиц измерения, физических, химических, технических и математических величин и терминов (единицы измерения даются на русском языке).
- Используемые термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми и входить в Международную систему единиц (СИ).

#### 6. Требования к оформлению формул

- Все формулы набираются только в редакторе формул MathType 6.x с выравниванием по центру страницы. Шрифт Times New Roman размером 11 пунктов для строчных символов, 6 пунктов для индексов и 5 пунктов для субиндексов; индексы и субиндексы должны быть четко позиционированы.
- Номера формул указываются в скобках справа. Номера присваиваются только формулам, на которые есть ссылка в тексте.
- Не принимаются к публикации тексты с формулами, представленными в виде рисунков или наборов символов с вставками элементов MathType, а также формулы, набранные в конструкторе уравнений MS Word.

#### 7. Требования к оформлению таблиц

- Таблицы (1–2 шт.) должны располагаться в пределах рабочего поля.
- Название таблицы, набранное полужирным шрифтом, выравнивается по центру страницы, номер таблицы — по правому краю страницы.
- Таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте. Информация, представленная в виде диаграмм и графиков, не должна дублироваться в виде таблиц.

##### 8. Требования к оформлению рисунков

- Рисунки (5–7 шт.) следует вставлять в текст сразу после абзаца, в котором рисунок впервые упоминается.
- Не рекомендуется помещать на рисунке ненужные детали; текстовую информацию, условные обозначения следует выносить в подрисуночную подпись, заменяя их на рисунке цифрами или буквами, соответствующими обозначениям в тексте.
- Оригиналы рисунков в формате .tif, .jpg, .bmp, .png, .eps и разрешением 300 точек на дюйм должны быть дополнительно представлены в редакции отдельными файлами.

##### 9. Требования к оформлению литературы на русском языке

- Литературу следует оформлять в соответствии с примерами, приведенными в разделе «Для авторов» сайта журнала vestnikprib.ru
- В литературе (не менее 15 источников) источники располагаются в порядке их упоминания в тексте. Порядковый номер ссылки указывается в квадратных скобках в соответствующей строке текста рукописи.
- Названия книг, статей, других материалов и документов, опубликованных на иностранном языке, а также фамилии их авторов должны быть приведены в оригинальной транскрипции.
- В литературу не должны включаться неопубликованные материалы или материалы, не находящиеся в общественном доступе.
- Размер шрифта — 12 пунктов, выравнивание по ширине страницы. Если в источник входит URL или DOI, то автору следует проверить корректность их написания и доступность ресурса по ссылке.
- Не допускается ссылаться на материалы учебников и учебных пособий, научно-популярной литературы.
- В литературе желательно указывать не менее 15 источников — научных статей из журналов, при этом следует избегать необоснованного самоцитирования.

##### 10. Требования к оформлению сведений об авторах

- Сведения об авторах должны включать в себя следующую информацию:
  - фамилия, имя и отчество (полностью);
  - ученая степень;
  - ученое звание;
  - должность;
  - название организации, в которой работает автор;
  - полный адрес организации;
  - Scopus Author ID, ORCID, Web of Science Researcher ID.
- Размер шрифта — 12 пунктов, фамилия, имя отчество автора должны быть набраны полужирным.

#### Требования к оформлению блока на английском языке аналогичны требованиям к оформлению блока на русском языке.

Публикация статей в журнале «Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана» бесплатная. Для приобретения номеров журнала необходимо оформить заявку на требуемое число экземпляров журнала в отделе распространения.
Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана (тел.: 8 (499) 263-60-45; press@bmstu.ru).

# Вестник

Московского государственного  
технического университета  
имени Н. Э. Баумана

---

4 [137]  
2021

Серия  
Приборостроение

---

# Herald

of the Bauman Moscow State  
Technical University

Series  
Instrument Engineering

**Адрес редакции:**

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
Телефоны: +7 499 263-62-60; +7 499 263-60-45  
vestnik@bmstu.ru

**Address of Editorial Office:**

105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1  
Bauman Moscow State Technical University  
Phone: +7 499 263-62-60; +7 499 263-60-45  
vestnik@bmstu.ru

# СОДЕРЖАНИЕ

## Информатика, вычислительная техника и управление

<b>Алхелу М., Гаврилов А.И.</b> Управление развязкой для модели типа «половина машины»: сравнительный анализ алгоритмов линейного и линейно-квадратичного управления с активным подавлением помех .....	4
<b>Бардин А.П., Новицкий А.В., Шумилов Ю.Ю.</b> Обработка ошибочных ситуаций в больших блокчейн-сетях алгоритмом достижения консенсуса, основанном на решении задачи византийских генералов .....	27
<b>Ефимов С.Н., Терсков В.А., Галушин П.В., Ярков К.В.</b> Модель надежности многопроцессорных аппаратно-программных комплексов систем управления реального времени с мультиверсионным программным обеспечением .....	41
<b>Кобенья С.Х.П.</b> Метод гауссова обучения нейронной сети для решения задачи распознавания многоспектральных спутниковых изображений .....	59
<b>Круглов С.П., Ковыршин С.В.</b> Автоматическое адаптивное управление прицепом автомобиля при движении задним ходом .....	75
<b>Minaev V.A., Stepanov R.O., Faddeev A.O.</b> Problem of Mathematical Model Adequacy in Assessing the Seismic Risk .....	93
<b>Тарасенко С.С., Морковин С.В.</b> Организация защиты конфиденциальных сведений, содержащихся в наборах данных, при обучении нейронных сетей на удаленных ЭВМ и в облачных сервисах .....	109

## Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

<b>Гержик А.А., Разницына И.А.</b> Экспериментальное обоснование ряда требований к аппаратным и методическим средствам неконтактной фотоплетизмографии на основе анализа видеоизображений .....	122
<b>Zavarzin V.I., Zaitsev I.M., Yakubovskiy S.V.</b> Method for Calculating the Offner Compact-Size Spectrometer .....	139
<b>Корсун О.Н., Герилович И.В., Моунг Х.О.</b> Учет свойств атмосферы при сравнении математических моделей аэродинамических коэффициентов с данными летных испытаний .....	152
<b>Кувыкин Ю.А., Ольховский А.Н., Супрунюк В.В., Соколов И.Н.</b> Методика определения частотных характеристик микрофонов в незаглушенном лабораторном помещении, основанная на применении широкополосного сигнала возбуждения .....	169
<b>Подчезерцев В.П., Нгуен Д.З.</b> Повышение динамической точности гироскопа с внутренним упругим карданным подвесом в режиме датчика угловой скорости .....	188
<b>Указатель статей, опубликованных в 2021 г.</b> .....	208

## CONTENTS

### Informatics, Computer Engineering and Control

<b>Alhelou M., Gavrilov A.I.</b> Decoupling Control for the “Half Car” Model: a Comparative Analysis of Linear and Linear-Quadratic Control Algorithms with Active Disturbance Rejection Control .....	4
<b>Bardin A.P., Novitsky A.V., Shumilov Yu.Yu.</b> Processing Erroneous Situations in Large Blockchain Networks by a Consensus Algorithm Based on the Byzantine Generals’ Problem Solution .....	27
<b>Efimov S.N., Terskov V.A., Galushin P.V., Yarkov K.V.</b> Reliability Model of Multiprocessor Hardware-Software Complexes of Real-Time Control Systems with Multi-Version Software .....	41
<b>Cobeña C. J.P.</b> Gaussian Neural Network Training Method for Solving the Problem of Multispectral Satellite Images Recognition .....	59
<b>Kruglov S.P., Kovyrshin S.V.</b> Automatic Adaptive Control of the Vehicle Trailer when Reversing .....	75
<b>Minaev V.A., Stepanov R.O., Faddeev A.O.</b> Problem of Mathematical Model Adequacy in Assessing the Seismic Risk .....	93
<b>Tarasenko S.S., Morkovin S.V.</b> Organizing the Protection of Confidential Information Contained in Datasets when Training Neural Networks on Remote Electronic Computers and Cloud Services .....	109

### Instrument Engineering, Metrology, Information-Measuring Instruments and Systems

<b>Gerzhik A.A., Raznitsyna I.A.</b> Experimental Substantiation of a Number of Requirements for Hardware and Methodology of Non-Contact Photoplethysmography Based on Video Image Analysis .....	122
<b>Zavarzin V.I., Zaitsev I.M., Yakubovskiy S.V.</b> Method for Calculating the Offner Compact-Size Spectrometer .....	139
<b>Korsun O.N., Gerilovich I.V., Moungh H.O.</b> Consideration of Atmospheric Properties when Comparing Mathematical Models of Aerodynamic Coefficients with Flight Test Data .....	152
<b>Kuvykin Yu.A., Olkhovskiy A.N., Suprunyuk V.V., Sokolov I.N.</b> A Method for Determining Frequency Response of Microphones in Unmuffled Laboratory Room using Wideband Signal Excitement .....	169
<b>Podchezertsev V.P., Nguyen D.D.</b> Increasing the Dynamic Accuracy of a Gyroscope with Internal Elastic Gimbal in the Angular Rate Sensor Mode .....	188
<b>Index of Publications for 2021</b> .....	208