

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ,
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

PERM NATIONAL RESEARCH POLYTECHNIC
UNIVERSITY BULLETIN
**ELECTROTECHNICS,
INFORMATION
TECHNOLOGIES,
CONTROL SYSTEMS**

№ 40

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2021

Отражены результаты теоретических и прикладных разработок в области электротехники, системных исследований и моделирования в науке, технике и образовании, электромеханических систем управления, промышленных АСУ, АСУТП, АСНИ, САИ, аппаратурного и программного обеспечения информационно-управляющих систем, SCADA-систем, систем телекоммуникации и связи. Представленные материалы информируют о новейших программных и аппаратных средствах, опыте работы ученых электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета, системной интеграции кафедр и промышленных предприятий региона. Приведены обзоры информационно-управляющих систем и комплексов, даны рекомендации по применению методического, аппаратного и программного обеспечения.

Предназначено для широкого круга специалистов в области электротехники, современных систем автоматизации и управления, а также для студентов старших курсов и аспирантов, у которых результаты исследований данных вопросов могут вызвать интерес.

Журнал включен в перечень ВАК от 29.05.2017 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор	<i>В.В. Черняев</i> – доцент, канд. техн. наук (Пермь, Россия)
Заместители	<i>Н.М. Труфанова</i> – профессор, д-р техн. наук (Пермь, Россия)
главного редактора	<i>А.Г. Щербинин</i> – доцент, д-р техн. наук (Пермь, Россия) <i>А.А. Южаков</i> – профессор, д-р техн. наук (Пермь, Россия)
Члены редколлегии	<i>Х.Г. Асадов</i> – профессор, д-р техн. наук (Баку, Азербайджан) <i>В.Я. Беспалов</i> – профессор, д-р техн. наук (Москва, Россия) <i>С.В. Бочкарев</i> – доцент, д-р техн. наук (Пермь, Россия) <i>С.А. Ганджа</i> – доцент, д-р техн. наук (Челябинск, Россия) <i>А.В. Дрозд</i> – профессор, д-р техн. наук (Одесса, Украина) <i>Б.В. Кавалеров</i> – доцент, д-р техн. наук (Пермь, Россия) <i>В.П. Казанцев</i> – доцент, д-р техн. наук (Пермь, Россия) <i>А.Л. Карякин</i> – ст. науч. сотр., д-р техн. наук (Екатеринбург, Россия) <i>А.Ю. Коняев</i> – профессор, д-р техн. наук (Екатеринбург, Россия) <i>О.В. Крюков</i> – доцент, д-р техн. наук (Н. Новгород, Россия) <i>Г.Г. Куликов</i> – профессор, д-р техн. наук (Уфа, Россия) <i>В.А. Куликов</i> – профессор, д-р техн. наук (Ижевск, Россия) <i>А.В. Кычкин</i> – доцент, канд. техн. наук (Пермь, Россия) <i>В.И. Мецераков</i> – профессор, д-р техн. наук (Одесса, Украина) <i>А.Б. Петроченков</i> – профессор, д-р техн. наук (Пермь, Россия) <i>В.А. Прохоров</i> – канд. физ.-мат. наук, академик Академии связи Украины (Одесса, Украина) <i>В.В. Путов</i> – профессор, д-р техн. наук (Санкт-Петербург, Россия) <i>Ф.Н. Саратулов</i> – профессор, д-р техн. наук (Екатеринбург, Россия) <i>С.М. Слободян</i> – профессор, д-р техн. наук (Омск, Россия) <i>В.Ф. Самосейко</i> – профессор, д-р техн. наук (Санкт-Петербург, Россия) <i>С.А. Субботин</i> – профессор, д-р техн. наук (Запорожье, Украина) <i>К.Г. Тергемес</i> – доцент, канд. техн. наук (Алматы, Казахстан) <i>М.Л. Шит</i> – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. (Кишинев, Республика Молдова) <i>Р.А. Файзрахманов</i> – профессор, д-р экон. наук (Пермь, Россия)
Ответственный за выпуск	<i>Д.К. Елтышев</i> – канд. техн. наук, доцент (Пермь, Россия)
Ответственный секретарь	<i>А.В. Харив</i> (Пермь, Россия)

Журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство ПИ № ФС77-56518 от 26 декабря 2013 года.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 40538.

Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Адрес учредителя, издателя и редакции: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский просп., 29.

Научное издание

ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
**Э Л Е К Т Р О Т Е Х Н И К А ,
И Н Ф О Р М А Ц И О Н Н Ы Е
Т Е Х Н О Л О Г И И ,
С И С Т Е М Ы У П Р А В Л Е Н И Я**

PERM NATIONAL RESEARCH POLYTECHNIC
UNIVERSITY BULLETIN
**E L E C T R O T E C H N I C S ,
I N F O R M A T I O N
T E C H N O L O G I E S ,
C O N T R O L S Y S T E M S**

№ 40

Редактор и корректор *И.Н. Жеганина*

Выход в свет 27.12.2021. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 16,2. Тираж 100 экз. Заказ № 275/2021.
Свободная цена

Отпечатано в типографии издательства
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.