



# Ural Radio Engineering Journal

**2024, T. 8, № 4**

Научно-технический журнал

Миссия журнала: «Сохранить, передать и положить начало новым знаниям об электронике, радиотехнике и радиосвязи»

Журнал входит в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим группам научных специальностей:

- 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств (технические науки)
- 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды
- 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (технические науки)
- 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки)
- 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций (технические науки)
- 2.2.16. Радиолокация и радионавигация (технические науки)

Журнал основан в 2017 г.

Выходит четыре раза в год

Статьи публикуются на русском и английском языках

Издается в Российской Федерации

Учредитель/издатель — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»  
620002, Российская Федерация, Екатеринбург, ул. Мира, 19

## **Ural Radio Engineering Journal** **2024, T. 8, № 4**

### **Главный редактор**

*Князев Сергей Тихонович*, Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
Российская Федерация

### **Заместитель главного редактора**

*Зейде Кирилл Михайлович*, Университет Генуи, Генуя, Италия

### **Редакционный совет**

*Абрамов Игорь Иванович*, Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

*Акулиничев Юрий Павлович*, Томский государственный университет систем управления  
и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация

*Беляев Борис Афанасьевич*, Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, Красноярск,  
Российская Федерация

*Войтович Николай Иванович*, Южно-Уральский государственный университет,  
Челябинск, Российская Федерация

*Даровских Станислав Никифорович*, Южно-Уральский государственный университет,  
Челябинск, Российская Федерация

*Доросинский Леонид Григорьевич*, Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
Российская Федерация

*Иванов Вячеслав Элизбарович*, Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
Российская Федерация

*Исембергенов Налик Турегалиевич*, Казахский национальный технический университет  
им. К. И. Сатбаева, Алматы, Республика Казахстан

*Кадиров Оман Хамидович*, Ташкентский институт текстильной и легкой  
промышленности, Ташкент, Узбекистан

*Коберниченко Виктор Григорьевич*, Уральский федеральный университет,  
Екатеринбург, Российская Федерация

*Костров Виктор Васильевич*, Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Муромский  
институт, Муром, Российская Федерация

*Носков Владислав Яковлевич*, Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
Российская Федерация

*Очин Евгений*, Академия им. Якуба Парадижа, Гожов Великопольский, Польша

*Цимбал Владимир Анатольевич*, Военная академия ракетных войск стратегического  
назначения имени Петра Великого, Серпухов, Российская Федерация

*Шабунин Сергей Николаевич*, Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
Российская Федерация

### **Управляющий редактор**

*Папуловская Наталья Владимировна*, Уральский федеральный университет,  
Екатеринбург, Российская Федерация



# **Ural Radio Engineering Journal**

## **2024, Vol. 8, No. 4**

Scientific and Technical Journal

The mission of the journal: «To preserve, transmit and initiate new knowledge in electronics, radioengineering and radio communications»

The target audience of the journal is the international academic community of scientists engaged in the field of engineering researches on the issues related to:

- development and design of digital radioelectronic systems and devices,
- transmission, reception and processing of signals,
- radiowave propagation and microwave technology,
- electronics and microelectronics,
- development of the element base of radioengineering equipment and its application,
- methods and control algorithms in radioelectronic systems,
- radar and radio navigation,
- technical potential of the Internet of Things systems.

Established in 2017

Published quarterly

The articles are published  
in Russian and English

Issued in Russian Federation

Founded by Ural Federal University  
named after the first President of Russian Federation B. N. Yeltsin  
19, Mira st., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation

**Ural Radio Engineering Journal**  
**2024, Vol. 8, No. 4**

**Editor in Chief**

*Sergey T. Knyazev*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

**Deputy Editor in Chief**

*Kirill M. Zeyde*, University of Genoa, Genova, Italy

**Editorial Board**

*Igor I. Abramov*, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

*Yuri P. Akulinichev*, Tomsk State University of Control Systems and Technology, Tomsk, Russian Federation

*Boris A. Belyaev*, Kirensky Institute of Physics SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

*Stanislav N. Darovskikh*, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

*Leonid G. Dorosinskiy*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

*Nalik T. Isembergenov*, Kazakh National Research Technical University after K. I. Satbayev, Almaty, Republic of Kazakhstan

*Vyacheslav E. Ivanov*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

*Oman Kh. Kadirov*, Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

*Victor G. Kobernichenko*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

*Viktor V. Kostrov*, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russian Federation

*Vladislav Ya. Noskov*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

*Eugeny Ochinnikov*, Academy of Jakub from Paradyż, Gorzów Wielkopolski, Poland

*Sergey N. Shabunin*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

*Vladimir A. Tsimbal*, Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great, Serpukhov, Russian Federation

*Nikolaj I. Vojtovich*, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

**Managing Editor**

*Nataliya V. Papulovskaya*, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

## Содержание

<i>Летавин Д. А., Третьяков Д. С.</i> Разработка антенной решетки с возможностью управлять расстоянием между излучателями.....	421
<i>Бабокин М. И., Савостьянов В. Ю.</i> Выбор оптимальной частоты повторения импульсов в РСА с телескопическим обзором поверхности.....	438
<i>Твердохлебов А. С., Красноперова А. С., Карташов А. А., Куприц В. Ю., Вебер В. И.</i> Эффективность моделей нейронных сетей для автоматического обнаружения и распознавания наземных объектов на инфракрасных изображениях.....	451
<i>Сердюков В. В., Калужная С. Е., Голан А. В., Половодова А. Ю., Галова М. К.</i> Измерение фазовых сдвигов сигналов с использованием быстрого преобразования Фурье в GNURadio.....	469
<i>Бадьин А. В., Кателина Д. С., Холодов Р. Е., Комарова А. А., Пидотова Д. А.</i> Сканирующий терагерцовый дефектоскоп в аддитивном производстве полимерных конструкций.....	482

## Contents

<i>Letavin D. A., Tretyakov D. S.</i> Development of an array antenna with the ability to control the distance between emitters.....	421
<i>Babokin M. I., Savostyanov V. Yu.</i> Selection of the optimal pulse repetition rate for SAR with a spotlight viewing of the surface.....	438
<i>Tverdokhlebov A. S., Krasnoperova A. S., Kartashov A. A., Kuprits V. Yu., Weber V. I.</i> Effectiveness of neural network models for automatic detection and recognition of ground objects in infrared images.....	451
<i>Serdyukov V. V., Kaliuzhnaya S. E., Golan A. V., Polovodova A. Y., Galova M. K.</i> Measurement of the phase shifts of signals using the Fast Fourier Transform in GNURadio.....	469
<i>Badin A. V., Katelina D. S., Kholodov R. E., Komarova A. A., Pidotova D. A.</i> Scanning terahertz flaw detector in additive manufacturing of polymer structures.....	482