



РАДИОТЕХНИКА

Т. 86, № 12, 2022

Входит в состав базы Russian Science Citation Index (RSCI)
на платформе Web of Science.

Международный научно-технический журнал, освещающий широкий круг проблем приоритетных направлений развития систем связи, локации, навигации, радиоэлектронных устройств

Главный редактор:

Юрий Васильевич Гуляев – академик РАН, Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН (Москва, Россия)

Заместители главного редактора

Иванов Дмитрий Владимирович – член-корреспондент РАН, проректор, Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола, Россия)

Колесов Владимир Владимирович – к.ф.-м.н., вед. научный сотрудник, Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН (Москва, Россия)

Коренной Александр Владимирович – д.т.н., проф., ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

Мещанов Валерий Петрович – д.т.н., проф., заместитель генерального директора, АО «Центральный научно-исследовательский институт измерительной аппаратуры» (г. Саратов, Россия)

Редакционная коллегия

Верба Владимир Степанович – член-корр. РАН, генеральный конструктор-первый заместитель генерального директора, АО «Концерн «Вега» (Москва, Россия)

Андреев Григорий Иванович – д.т.н., проф., генеральный директор, АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга» (Москва, Россия)

Анисимкин Владимир Иванович – д.ф.-м.н., гл. науч. сотрудник, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (Москва, Россия)

Антипов Владимир Никитович – д.т.н., проф., зав. кафедрой, МАИ «Стрела» (Москва, Россия)

Артёмов Михаил Леонидович – д.т.н., генеральный директор, АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж, Россия)

Беляев Борис Афанасьевич – д.т.н., проф., зав. лабораторией, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН (г. Красноярск, Россия)

Богословский Андрей Витальевич – д.т.н., проф., ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

Бузов Александр Львович – д.т.н., проф., генеральный директор, АО «СИП РС» (г. Самара, Россия)

Букашкин Сергей Анатольевич – д.т.н., проф., генеральный директор, Российское государственное НПО «Автоматика» (Москва, Россия)

Верона Энрико – научный советник, Институт фотоники и нанотехнологий (Рим, Италия)

Витязев Владимир Викторович – д.т.н., проф., зав. кафедрой, РГРТУ (г. Рязань, Россия)

Воловач Владимир Иванович – д.т.н., доцент, Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти, Россия)

Вятчанин Сергей Петрович – д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой, МГУ им М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Гаврилов Константин Юрьевич – д.т.н., проф., МАИ (национальный исследовательский университет) (Москва, Россия)

Засовин Эдуард Анатольевич – д.т.н., проф., Московский технологический университет (МИРЭА) (Москва, Россия)

Иванов Александр Владимирович – д.т.н., проф., доцент, Тамбовское ВВАИУРЭ (г. Тамбов, Россия)

Козирацкий Юрий Леонтьевич – д.т.н., проф., ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

Кузнецова Ирен Евгеньевна – д.ф.-м.н., гл. науч. сотрудник, ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (Москва, Россия)

Меркулов Владимир Иванович – д.т.н., проф., заместитель генерального конструктора, АО «Концерн «Вега» (Москва, Россия)

Обуховец Виктор Александрович – д.т.н., проф., Советник ректората по инженерному направлению, Южный федеральный университет (г. Ростов-на-Дону, Россия)

Перов Александр Иванович – д.т.н., проф., Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Москва, Россия)

Приоров Андрей Леонидович – д.ф.-м.н., проф., Ярославский государственный университет (г. Ярославль, Россия)

Радишевский Вячеслав Григорьевич – д.т.н., проф., гл. науч. сотрудник, ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

Сличенко Михаил Павлович – д.т.н., начальник сектора АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж, Россия)

Слукин Геннадий Петрович – д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

Сучков Виктор Борисович – д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)

Татарский Борис Григорьевич – д.т.н., проф., АО «Концерн «Вега» (Москва, Россия)

Толстов Евгений Федорович – д.т.н., проф., начальник отдела, ЗАО «Аэрокон» (г. Жуковский, Россия)

Ушаков Виктор Николаевич – д.т.н., проф., зав. кафедрой, СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург, Россия)

Фарбер Владимир Ефимович – д.т.н., проф., заместитель главного конструктора ПАО «Радиофизика» (Москва, Россия)

Цимбал Владимир Анатольевич – д.т.н., проф., филиал военной академии РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов, Россия)

Ярлыков Михаил Семенович – д.т.н., проф. (Москва, Россия)

Содержание

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ И КВАНТОВЫХ СИСТЕМАХ	
Работы сотрудников Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого	
Влияние конфигурации расположения приемо-передатчиков системы беспроводного мониторинга газотурбинного двигателя на уровень принимаемых сигналов Удодов А.Н., Макаров С.Б., Завьялов С.В., Михайлов А.С., Волвенко С.В., Жабко Г.П.	5
Имитационная модель системы передачи сообщений с использованием оптимальных сигналов, построенных на основе собственных функций ограниченных по полосе ядер Бексаев А.С., Овсянникова А.С., Завьялов С.В.	21
Анализ помехозащищенности обмена данными группы беспилотных летательных аппаратов в условиях оптимизированных помех Чуднов А.М., Положинцев Б.И., Кичко Я.В.	33
Оценка эффективности использования цифровой предкоррекции в усилителях мощности спутниковых систем вещания DVB-S2/S2X Ткаченко Д.А., Батов Ю.В., Пузько Д.А., Гельгор А.Л.	48
Ориентационные сдвиги частоты бортовых рубидиевых атомных часов Ермак С.В., Семенов В.В., Баранов А.А., Лозов Р.К.	58
ПРОБЛЕМЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Использование псевдоспутников для повышения точности и надежности спутниковой навигации Бестугин А.Р., Киришина И.А., Саута О.И.	69
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РАДИОТЕХНИКЕ	
Применение подхода Сешу-Уоксмэна и алгоритма Кохо-нена в задаче электрической диагностики аналоговых цепей Увайсов С.У., Черноверская В.В., Нгуен Ван Туан, Нгуен Вьет Данг	79
СИНТЕЗ И АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ	
Активный сенсор с дистанционным управлением для диагностики широкополосных ионосферных радиоканалов OFDM-BPSK-сигналами Иванов Д.В., Иванов В.А., Рябова Н.В., Елсуков А.А., Конкин Н.А.	90
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ	
Метод подавления реверберационных помех Кондратьев К.В., Кочан И.В., Хантимиров А.Г., Бархатова А.А.	105
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ	
Оценка влияния технологических отклонений геометрических параметров магнитов на устойчивость электронного пучка Швачко А.А., Потапов А.А., Джихад З.Н.	111
ЦИФРОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ	
Формирование и прием сигналов высокоскоростной беспроводной системы передачи данных малого радиуса действия в условиях городской зоны на фоне помех Чумаченко А.Б., Юниченко А.С.	120
АНТЕННЫ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН И ТЕХНИКА СВЧ	
Модифицированная структура коаксиально-волноводного перехода индуктивного типа Мещанов В.П., Саяпин К.А.	131
ОПТОЭЛЕКТРОНИКА, АКУСТОЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА	
Получение трехмерных акустических изображений на основе широкополосного зондирования системой из множества излучателей и множества приемников Суханов Д.Я., Халил А.	137
РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ	
Перспективный оптический стандарт частоты Семенко А.В., Луговой А.А., Вялых А.П., Белотелов Г.С., Сутырин Д.В., Слюсарев С.Н.	147
Сверхминиатюрный атомный стандарт частоты на основе эффекта когерентного пленения населенностей Пальчиков В.Г., Самохвалов Ю.С., Парёхин Д.А.	152
Николай Геннадиевич Басов (к 100-летию со дня рождения)	155
Список статей, опубликованных в журнале «Радиотехника» в 2022 году	157

Included in the Russian Science Citation Index

«Radiotekhnika» (Radioengineering) is the leading scientific and technical journal in Russia. It covers wide spectrum of problems in priority areas of the development in communication, radar, navigation, and radioelectronics

Editor-in-Chief:

Yury Vasil'evich Gulyaev
Academician of RAS,
Institute of Radio Engineering
and Electronics
named after V.A. Kotelnikov RAS
(Moscow, Russia)

Deputy Editor-in-Chief:

Ivanov Dmitry Vladimirovich
Corresponding Member of the RAS,
Vice-Rector,
Volga State Technological University
(Yoshkar-Ola, Russia)

Kolesov Vladimir Vladimirovich
Ph.D. (Phys.-Math.),
Leading Research Scientist,
Institute of Radio Engineering
and Electronics
named after V.A. Kotelnikov RAS
(Moscow, Russia)

Korennoy Alexander Vladimirovich
Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
MESC AF «N.E. Zhukovsky and
Y.A. Gagarin Air Force Academy»
(Voronezh, Russia)

Meshchanov Valery Petrovich
Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
Deputy General Director,
JSC «Central Research Institute
of Measuring Equipment»
(Saratov, Russia)

EDITORIAL BOARD

Verba Vladimir Stepanovich – Corresponding Member of RAS,
General Design – First Deputy General Director, JSC «Concern «Vega» (Moscow, Russia)

Andreev Grigory Ivanovich – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof., General Director,
JSC «Central Radio-Research Institute named after academician A.I. Berg» (Moscow, Russia)

Anisimkin Vladimir Ivanovich – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Principal Research Scientist,
Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS (Moscow, Russia)

Antipov Vladimir Nikitovich – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof.,
Head of the Department, «MAI «Strela» (Moscow, Russia)

Artemov Mikhail Leonidovich – Dr.Sc. (Eng.),
General Director, JSC «Concern «Sozvezdie» (Voronezh, Russia)

Belyaev Boris Afanasievich – Dr.Sc. (Eng.), Professor,
Head of Laboratory, L.V. Kirensky Institute of Physics SB RAS (Krasnoyarsk, Russia)

Bogoslovsky Andrey Vitalyevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh, Russia)

Bukashkin Sergey Anatolyevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof., General Director,
Russian State Scientific and Production Association «Automatics» (Moscow, Russia)

Buzov Alexander Lvovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
General Director, JSC «SIP RS» (Samara, Russia)

Gavrilov Konstantin Yurievich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
MAI (National Research University) (Moscow, Russia)

Farber Vladimir Efimovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
PJSC «Radiofizika» (Moscow, Russia)

Ivanov Alexander Vldimirovich – Dr.Sc. (Eng.), Professor, Associate Professor,
Tambov Higher Military Engineering School of Radio Electronics (Tambov, Russia)

Zasovin Eduard Anatolyevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
Moscow Technological University (MIREA) (Moscow, Russia)

Koziratsky Yuri Leontyevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh, Russia)

Kuznetsova Iren Evgenievna – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Principal Research Scientist,
Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS (Moscow, Russia)

Merkulov Vladimir Ivanovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
Deputy General Designer, JSC «Concern «Vega» (Moscow, Russia)

Obukhovets Victor Aleksandrovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
District Engineering Advisor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

Perov Alexander Ivanovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
National Research University «MPEI» (Moscow, Russia)

Priorov Andrey Leonidovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
Yaroslavl State University (Yaroslavl, Russia)

Radziyevsky Vyacheslav Grigoryevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof., Chief Research Scientist,
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh, Russia)

Slichenko Mikhail Pavlovich – Dr.Sc. (Eng.),
Head of Department, JSC «Concern «Sozvezdie» (Voronezh, Russia)

Slukin Gennady Petrovich – Dr.Sc. (Eng.),
Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russia)

Suchkov Viktor Borisovich – Dr.Sc. (Eng.), Professor,
Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russia)

Tatarsky Boris Grigorievich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
JSC «Concern «Vega» (Moscow, Russia)

Tolstov Evgeny Fedorovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
Head of Department, JSC «Aerokon» (Zhukovskii, Russia)

Tsimbal Vladimir Anatolyevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof. (Serpukhov, Russia)

Ushakov Viktor Nikolaevich – Dr.Sc. (Eng.), Prof., Head of the Department,
St. Petersburg State Technical University «LETI» (St. Petersburg, Russia)

Verona Enrico – scientific adviser,
Institute of Photonics and Nanotechnology (Rome, Italy)

Vityazev Vladimir Viktorovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.,
Head of the Department, RGRTU (Ryazan, Russia)

Volovach Vladimir Ivanovich – Dr.Sc. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department,
Volga Region State University of Service (Togliatti, Russia)

Vyatchanin Sergey Petrovich – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor,
Head of the Department, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Yarlykov Mikhail Semyonovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof. (Moscow, Russia)

Contents

RADIO ENGINEERING TECHNOLOGIES IN INFORMATION AND QUANTUM SYSTEMS	
Influence of the configuration of the location of transmitters of the wireless monitoring system of a gas turbine engine on the level of received signals Udodov A.N., Makarov S.B., Zavjalov S.V., Mikhailov A.S., Volvenko S.V., Zhabko G.P.	19
Simulation model for data transmission using optimal signals based on eigenfunctions of bandlimited cores Beksaev A.S., Ovsyannikova A.S., Zavjalov S.V.	31
Analysis of data exchange immunity UAV groups under optimized interference Chudnov A.M., Poligintsev B.I., Kichko Ya.V.	45
Estimation of effectiveness for application of digital predistortion in high power amplifiers of DVB-S2/S2X satellite systems Tkachenko D.A., Batov Yu.V., Puzko D.A., Gelgor A.L.	57
Orientation frequency shifts of rubidium onboard atomic clock Ermaк S.V., Semenov V.V., Baranov A.A., Lozov R.K.	66
PROBLEMS AND PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF RADIO ENGINEERING SYSTEMS	
Using pseudolites to improve the accuracy and reliability of satellite navigation Bestugin A.R., Kirshina I.A., Sauta O.I.	77
MATHEMATICAL METHODS IN RADIO ENGINEERING	
Application of the Seshu-Waxman approach and the Kohonen algorithm to the problem of electrical diagnostics of analogue circuits Uvaysov S.U., Chernoverskaya V.V., Nguyen Van Tuan, Nguyen Viet Dang	88
SYNTHESIS AND ANALYSIS OF RADIO ENGINEERING SYSTEMS AND DEVICES	
Active sensor with remote control for diagnostics of broadband ionospheric radio channels with OFDM-BPSK-signals Ivanov D.V., Ivanov V.A., Ryabova N.V., Elсukov A.A., Konkin N.A.	103
RESEARCH METHODS AND CONTROL ALGORITHMS IN RADIO ELECTRONIC SYSTEMS	
A reverb suppression method Kondratiev K.V., Kochan I.V., Khantimirov A.G., Barkhatova A.A.	110
INFORMATION SECURITY OF ELECTRONIC SYSTEMS	
Electron beam stability under the influence of technological deviations: software Shvachko A.A., Potapov A.A., Jihad Z.N.	118
DIGITAL RADIO ELECTRONIC SYSTEMS	
Formation and reception of signals of a high-speed wireless data transmission system of short range in an urban area against the background of interference Chumachenko A.B., Yunichenko A.S.	129
ANTENNAS, RADIO-WAVE PROPAGATION AND MICROWAVE ENGINEERING	
Modified structure of the coaxial-waveguide transition of the inductive type Meschanov V.P., Sayapin K.A.	136
OPTOELECTRONICS, ACOUSTO-ELECTRONICS AND PHOTONICS	
3D acoustic imaging based on wideband probing by a system of multiple transmitters and multiple receivers (MIMO) Sukhanov D.Ya., Amoon Khalil	145
RADIO ENGINEERING EQUIPMENT AND ITS APPLICATION	
Perspective optical clocks Semenko A.V., Lugovoy A.A., Vyalyk A.P., Belotelov G.S., Sutyryn D.V., Slyusarev S.N.	151
Subminiature atomic frequency standard based on the effect of coherent population trapping Palchikov V.G., Samokhvalov Yu.S., Parekhin D.A.	



Включен в Перечень ВАК.

Все статьи, представленные в данном выпуске журнала, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников

Учредитель ООО Издательство Радиотехника. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76558.
 Подписано в печать 28.12.2022. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печ.л. 20,75. Тираж 1000 экз. Изд. № 12.
 ООО «Издательство «Радиотехника»: 107031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 20/6. Тел./факс: +7(495)625-92-41.
 107031, Russian Federation, Moscow, Kuznetsky Most, 20/6, tel./fax +7(495)625-92-41. <http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru

Дизайн и допечатная подготовка ООО «САЙНС-ПРЕСС».
 Отпечатано с предоставленных готовых файлов в типографии ООО «Паблит».
 127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1. Тел.: (495) 230-20-52. Заказ №
ISSN 0033-8486

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2022 г.

Незаконное тиражирование и перевод печатного материала, включенного в журнал, в электронном и любом другом виде запрещено и карается административной и уголовной ответственностью по закону РФ «Об авторском праве и смежных правах»