

Выходит с 1937 г.

ISSN 0033-8486



РАДИОТЕХНИКА

Т. 86, № 7, 2022

Включен в Перечень ВАК.

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

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 измеритель-
ной аппаратуры»
(г. Саратов, Россия)

Редакционная коллегия

Фёдоров Игорь Борисович — академик РАН,
МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия)
Верба Владимир Степанович — член-корр. РАН, генеральный конструктор-
первый заместитель генерального директора, АО «Концерн «Вега» (Москва, Россия)
Андреев Григорий Иванович — д.т.н., проф.,
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.,
заведующий кафедрой, МАИ «Стрела» (Москва, Россия)
Артёмов Михаил Леонидович — д.т.н.,
генеральный директор, АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж, 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,
Российский государственный НПО «Автоматика» (Москва, Россия)
Верона Энрико — научный советник,
Институт фотоники и нанотехнологий (Рим, Италия)
Витязев Владимир Викторович — д.т.н., проф.,
заведующий кафедрой, РГРТУ (г. Рязань, Россия)
Воловач Владимир Иванович — д.т.н., доцент,
Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти, 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)
Козорезов Александр Георгиевич — д.ф.-м.н., проф.,
ст. науч. сотрудник физического факультета, Ланкастерский университет (Англия)
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)
Нечаев Евгений Евгеньевич — д.т.н., проф.,
МАИ (национальный исследовательский университет) (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)
Плесский Виктор Петрович — д.ф.-м.н., проф.,
директор научной фирмы GVR Trade SA (Швейцария)
Приоров Андрей Леонидович — д.ф.-м.н., проф.,
Ярославский государственный университет (г. Ярославль, Россия)
Радзиевский 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)
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.,
заведующий 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. (г. Серпухов, Россия)
Ярлыков Михаил Семенович — д.т.н., проф. (Москва, Россия)

Содержание

РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ ВГТУ И АО НВП «ПРОТЕК» (г. ВОРОНЕЖ)

Методика оценки эффективности обнаружения нарушителя радиотехническими средствами охраны Антиликаторов А.Б., Алексеенко С.П., Балашов Ю.С., Метельский В.И.	5
Проблема радиационной устойчивости подпороговых опорных схем для космической радиоэлектроники Астахов Н.В., Башкиров А.В., Макаров О.Ю., Демихова А.С.	10
Разработка QC-LDPC-декодера с высокой пропускной способностью для 5G беспроводной радиосвязи Башкиров А.В., Хорошайлова М.В., Чураков П.П., Турецкая Е.В.	14
Оптимизация высокочастотных потерь в медных проводниках при уменьшении габаритных размеров трансформаторов в обратноходовых преобразователях электроэнергии Веретенников Н.Ю., Турецкий А.В., Питолин В.М., Ципина К.Д.	20
Подходы к вариации профиля излучающего раскрытия антенны вытекающей волны дифракционного типа для улучшения характеристик направленности Крюков Д.Ю., Останков А.В., Антипов С.А., Разинкин К.А.	25
Использование ячеек LUT микроконтроллера для создания аппаратной логики управления импульсным преобразователем Макаров О.Ю., Пирогов А.А., Пирогова Ю.А., Емельянов А.Н., Донсков Д.А.	33
Методика оптимальной технической диагностики и ремонта маломощных импульсных источников питания Ромащенко М.А., Гудков А.В., Панычев С.Н.	39
Проведение дефектовки печатных модулей с использованием нейронных сетей Ромащенко М.А., Васильченко Д.В., Пухов Д.А., Белецкая С.Ю.	44
Автокорреляционные функции навигационных сигналов с меандровой модуляцией на двух поднесущих частотах Неровный В.В., Журавлев А.В., Кирюшкин В.В., Филоненко В.В., Неровная Н.А.	56
Формирование навигационного сигнала с двойной меандровой модуляцией Неровный В.В., Журавлев А.В., Кирюшкин В.В., Бабусенко С.И., Филоненко В.В.	62
Математические модели навигационных сигналов с требуемой формой спектральной плотности мощности Неровный В.В., Журавлев А.В., Урывская Т.Ю., Коратаев П.Д.	69
Использование сигналов несинхронизированных отечественных средств радиоэлектронного подавления глобальных навигационных спутниковых систем для локальной радионавигации Кирюшкин В.В., Бабусенко С.И., Журавлев А.В., Шуваев И.В.	76
Исследование помехоустойчивости структурно-временного компенсатора сигналоподобных помех для навигационной аппаратуры потребителей глобальной навигационной спутниковой системы Кирюшкин В.В., Бабусенко С.И., Журавлев А.В.	84
Определение плановых координат воздушного судна по измерениям пеленга неизвестного источника помехового излучения Кирюшкин В.В., Бабусенко С.И., Журавлев А.В., Смолин А.В.	93
Модель тракта формирования и усиления группового радиосигнала, основанного на методе дефазирования Бабусенко С.И., Кирюшкин В.В., Журавлев А.В., Исаев В.В.	100
Обеспечение ситуационной осведомленности группы подвижных объектов с использованием локальной навигации Бабусенко С.И., Кирюшкин В.В., Журавлев А.В., Шуваев И.В.	107

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РАДИОТЕХНИКЕ

Аналитическое выражение для поправочного множителя при расчете входного импеданса вибратора методом эквивалентной длинной линии Бойко С.Н., Егиазарян А.М., Корышев О.В.	113
--	-----

АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ: ПЕРЕДАЧА, ПРИЕМ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Компенсация движения и коррекция миграции при обработке траекторного сигнала в радиолокаторе с синтезированием апертуры антенны при непрерывном излучении Каменский К.В.	121
--	-----

АНТЕННЫ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН И ТЕХНИКА СВЧ

Синтез широкодиапазонных однопроводных антенн бегущей волны Антохин Е.А., Власенко В.И., Бестугин А.Р., Дворников С.В., Кирина И.А.	142
---	-----

Памяти Евгения Евгеньевича Нечаева	152
------------------------------------	-----

Radioengineering / Radiotekhnika

V. 86, № 7, 2022

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:

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

Fyodorov Igor Borisovich – Academician of RAS,
Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russia)
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.,
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)
Bogoslavsky 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)
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)
Kozorezov Alexander Georgievich – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof. (Great Britain)
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)
Nechaev Evgeny Evgenievich – Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof.,
MAI (National Research University) (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)
Plessky Victor Petrovich – Dr.Sc. (Phys.-Math.),
Director of the scientific firm GVR Trade SA (Switzerland)
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)
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)
Yarlykov Mikhail Semyonovich – Dr.Sc. (Eng.), Prof.

Contents

WORKS OF EMPLOYEES OF VSTU AND JSC RIE «PROTEK»

Methodology for evaluating the effectiveness of detecting an intruder by radio-technical means of protection Antilikatorov A.B., Alekseenko S.P., Balashov Yu.S., Metelsky I.V.	9
The problem of radiation stability of subthreshold reference circuits for space radio electronics Astakhov N.V., Bashkirov A.V., Makarov O.Yu., Demikhova A.S.	13
Development of QC-LDPC-decoder with high capacity for 5G wireless radio Bashkirov A.V., Horoshaylova M.V., Churakov P.P., Tureckaya E.V.	19
The problem of optimizing high-frequency losses in copper conductors when reducing transformer dimensions in flyback converters Veretennikov N.Yu., Turetsky A.V., Pitolin V.M., Tsipina K.D.	24
Approaches to variation of the profile of the radiating opening of a diffractive antenna radiation to improve directional characteristics Kryukov D.Yu., Ostankov A.V., Antipov S.A., Razinkin K.A.	31
Using the LUT cells of the microcontroller to create the hardware logic for control of the pulsed converter Makarov O.Yu., Pirogov A.A., Pirogova Yu.A., Emelyanov A.N., Donskov D.A.	38
Method of optimal technical diagnostics and repair low-power switching power supplies Romashchenko M.A., Gudkov A.V., Panychev S.N.	43
An efficient adaptive filter with a sliding window for estimating a communication channel with orthogonal frequency multiplexing Chirkov O.N., Romashchenko M.A., Sviridova I.V., Tsipina N.V.	55
Autocorrelation functions of navigation signals with meander modulation at two subcarrier frequencies Nerovny V.V., Zhuravlev A.V., Kiryushkin V.V., Filonenko V.V., Nerovnaya N.A.	61
Formation of a navigation signal with double meander modulation Nerovny V.V., Zhuravlev A.V., Kiryushkin V.V., Babusenko S.I., Filonenko V.V.	68
Mathematical models of navigation signals with the required form of spectral power density Nerovny V.V., Zhuravlev A.V., Uryvskaya T.U., Korataev P.D.	75
Using the signals from unsynchronized domestic means of electronic jamming of global navigation satellite systems for local radio navigation Kiryushkin V.V., Babusenko S.I., Zhuravlev A.V., Shuvaev I.V.	82
Investigation of noise immunity of the structure-time compensator of signal-like interference for navigation equipment of consumers of the global navigation satellite system Kiryushkin V.V., Babusenko S.I., Zhuravlev A.V.	92
Determination of plan coordinates aircraft by bearing measurements unknown source of interference radiation Kiryushkin V.V., Babusenko S.I., Zhuravlev A.V., Smolin A.V.	99
RF path of forming and amplifying a group radio signal based on the dephasing method Babusenko S.I., Kiryushkin V.V., Zhuravlev A.V., Isaev V.V.	106
Ensuring situational awareness of the moving objects group using local navigation Kiryushkin V.V., Babusenko S.I., Zhuravlev A.V., Shuvaev I.V.	112

MATHEMATICAL METHODS IN RADIO ENGINEERING

An analytical form for the correction factor for the vibrator antenna input impedance calculation by the equivalent long line method Boyko S.N., Egiazaryan A.M., Koryshev O.V.	120
---	-----

FUNCTIONAL ALGORITHMS: SIGNAL TRANSMISSION, RECEPTION AND PROCESSING

Motion compensation and range cell migration correction in track signal processing in continuous wave synthetic aperture radar Kamenskiy K.V.	140
---	-----

ANTENNAS, RADIO-WAVE PROPAGATION AND MICROWAVE ENGINEERING

Synthesis of broadband single-wire traveling wave antennas Antokhin E.A., Vlasenko V.I., Bestugin A.R., Dvornikov S.V., Kirshina I.A.	150
---	-----



Все статьи, представленные в данном выпуске журнала, соответствуют номенклатуре специальностей научных работников (Приказ Минобрнауки РФ от 23.10.2017 № 1027).

Учредитель ООО «Издательство «Радиотехника». Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76558.
Подписано в печать 29.07.2022. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печ.л. 19,25. Тираж 1000 экз. Изд. № 7.
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 полиграфическом центре
ФГУП Издательство «Известия». 127254, Москва, ул. Добролюбова, д. 6. Телефон: (495) 650-38-80. izv-udprf.ru. 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»