

ISSN 1028-821X

Радіо-  
ЕФФізика  
та  
Електроніка

4 ТОМ 24  
2019



## **Засновники**

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ  
ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ім. О.Я. УСИКОВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

## **Головний редактор**

*В.М. Яковенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

## **Заступники головного редактора**

*П.М. Мележик* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*О.О. Костенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*А.І. Фісун* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

## **Відповідальний секретар**

*О.А. Роєнко*

## **Члени редакційної колегії**

*Ю.О. Аверков* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*В.М. Безрук* (ХНУРЕ, Харків, Україна)  
*М.М. Білецький* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*М.І. Дзюбенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*В.К. Іванов* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*В.Д. Карлов* (ХУПС, Харків, Україна)  
*А.О. Киріленко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*Ф.В. Ківва* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*Ю.Ф. Лонін* (ІНЦ ХФТІ НАНУ, Харків, Україна)  
*К.О. Лукін* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*С.О. Масалов* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*В.А. Маслов* (ХНУ, Харків, Україна)  
*О.П. Ніколаєнко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*Р.Е. Пащенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*Ю.В. Прокопенко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*В.Б. Разсказовський* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*Ю.К. Сиренко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*О.І. Сухаревський* (ХУПС, Харків, Україна)  
*С.І. Тарапов* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*О.В. Тоцький* (НАУ «ХАІ», Харків, Україна)  
*М.Т. Черпак* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*С.М. Шульга* (ХНУ, Харків, Україна)  
*В.О. Ямпольський* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)

## **Міжнародна редакційна рада**

*В.П. Кравченко* (ІРЕ РАН, Москва, Росія)  
*О.О. Куряєв* (БДУР, Мінськ, Білорусь)  
*Л.М. Литвиненко* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*А.Г. Наумовець* (НАНУ, Київ, Україна)  
*І.М. Онищенко* (ІНЦ ХФТІ НАНУ, Харків, Україна)  
*Л.Ф. Черногор* (ХНУ, Харків, Україна)  
*В.М. Шульга* (ІРЕ НАНУ, Харків, Україна)  
*V. Freilikher* (УБІ, Рамат-Ган, Ізраїль)  
*S.Gredeskul* (УБГ, Негев, Беер-Шева, Ізраїль)  
*M. Hayakawa* (ІСЕ, Токіо, Японія)  
*A. Krokhin* (УПТ, Дентон, США)  
*M. Lucido* (UCSL, Кассіно, Італія)  
*M. Navarro-Cia* (Бірмінгемський університет, Бірмінгем, Велика Британія)  
*N. Tsitsas* (Університет Аристотеля, Салоніки, Греція)  
*K. Yasumoto* (Університет Кюсю, Фукуока, Японія)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: КВ № 15017-3889ІР від 16.03.2009 р.

Друкується за рішенням редакційної колегії журналу згідно з рекомендацією Вченої ради Інституту радіофізики та електроніки НАН України

## **Адреса редакції**

ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАНУ  
12, вул. Акад. Проскури, Харків, 61085, Україна  
Тел.: +380(57)315 00 06. Факс: + 380(57)315 21 05  
E-mail: nti@ire.kharkov.ua  
http://www.re-journal.org.ua

Журнал входить до числа наукових фахових видань, які рекомендовані для публікації основних результатів дисертаційних робіт

## **Founders**

THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE  
O.Ya. USIKOV INSTITUTE FOR RADIOPHYSICS  
AND ELECTRONICS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF UKRAINE

## **Editor-in-Chief**

*V.M. Yakovenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

## **Deputy Editors-in-Chief**

*P.M. Melezhhik* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*A.A. Kostenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*A.I. Fisun* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

## **Executive Secretary**

*O.A. Roienko*

## **Editorial Board Members**

*Y.O. Averkov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*N.N. Beletski* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*V.M. Bezruk* (KhNURE, Kharkiv, Ukraine)  
*N.T. Cherpak* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*M.I. Dzubenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*V.K. Ivanov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*V.D. Karlov* (KNAFU, Kharkiv, Ukraine)  
*F.V. Kivva* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*A.A. Kirilenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*Y.F. Lonin* (NSC KIPT, Kharkiv, Ukraine)  
*K.A. Lukin* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*S.A. Masalov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*V.A. Maslov* (KhNU, Kharkiv, Ukraine)  
*A.P. Nickolaenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*R.E. Pashenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*Y.V. Prokopenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*V.B. Razskazovsky* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*S.N. Shulga* (KhNU, Kharkiv, Ukraine)  
*Y.K. Sirenko* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*O.I. Sukharevskiy* (KNAFU, Kharkiv, Ukraine)  
*S.I. Tarapov* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*A.V. Totkiy* (NAU KhAI, Kharkiv, Ukraine)  
*V.A. Yampolskiy* (IRE NASU, Kharkiv, Ukraine)

## **International Advisory Board**

*V.F. Kravchenko* (IRE RAS, Moscow, Russia)  
*A.A. Kurayev* (BSUIR, Minsk, Belarus)  
*L.N. Lytvynenko* (IRA NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*A.G. Naumovets* (IP NASU, Kyiv, Ukraine)  
*I.N. Onishenko* (NSC KIPT, Kharkiv, Ukraine)  
*L.F. Chernogor* (KhNU, Kharkiv, Ukraine)  
*V.M. Shulga* (IRA NASU, Kharkiv, Ukraine)  
*V. Freilikher* (BIU, Ramat Gan, Israel)  
*S. Gredeskul* (BGU, Beer-Sheva, Israel)  
*M. Hayakawa* (Hi-SEM UEC, Chofu Tokyo, Japan)  
*A. Krokhin* (UNT, Denton, USA)  
*M. Lucido* (UCSL, Cassino, Italy)  
*M. Navarro-Cia* (University of Birmingham, Birmingham, Great Britain)  
*N. Tsitsas* (AUTH, Thessaloniki, Greece)  
*K. Yasumoto* (Kyushu University, Fukuoka, Japan)

State Registration Certificate of print media:  
KB № 15017-3889ІР of 16.03.2009

Published by the Journal's Editorial Board decision as recommended by the Academic Council of the O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics, NAS Ukraine

## **Editorial office**

O.Ya. Usikov IRE of NASU  
12, Acad. Proskura St., Kharkiv, 61085, Ukraine  
Phone: +380(57)315 00 06. Fax: + 380(57)315 21 05  
E-mail: nti@ire.kharkov.ua  
http://www.re-journal.org.ua

The Journal belongs to the scientific editions. Recommended for publishing the major results of dissertations

# Радіо- Фізика та Електроніка

Radio Physics  
and Electronics

4 **ТОМ 24**  
2019

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ • ЗАСНОВАНИЙ У 2010 Р. • ВИХОДИТЬ 4 РАЗИ НА РІК • ХАРКІВ

## ЗМІСТ

### МІКРОХВИЛЬОВА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

*Недуж С.В.* Использование пакета микромагнитного моделирования *mutax3* для определения частотной дисперсии высокочастотной магнитной восприимчивости магнитных наноструктур – элементов метаматериалов СВЧ-диапазона . . . . . 3

*Свищёв Ю.В.* Взаимодействие собственных колебаний в сферическом диэлектрическом резонаторе . . . . . 11

### ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ, РАДІОЛОКАЦІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ

*Горшнина Ю.В.* Поляризация ночных СНЧ–ОНЧ атмосфериков: опыт применения критериев статистик . . . . . 20

*Косяковский А.В., Мыценко И.М., Роенко А.Н.* Комплексированная радиолокационная система для контроля надводной обстановки и судоходства . . . . . 30

*Пащенко Р.Э., Иванов В.К., Цюпак Д.О., Левадный Ю.В.* Частотно-временной анализ радиолокационных отражений от мультироторного БПЛА . . . . . 35

*Корниенко Ю.В., Дулова И.А.* Оптимальное определение рельефа поверхности по совокупности фотометрических и альтиметрических данных . . . . . 46

*Золотарёв В.А.* Эффективный приемо-передающий модуль S-диапазона для фазированных антенных решеток . . . . . 53

## CONTENTS

### MICROWAVE ELECTRODYNAMICS

*Nedukh S.V.* The micromagnetic simulation package *mutax3* for finding the frequency dispersion of high-frequency magnetic susceptibility of magnetic nanostructures as microwave metamaterial components . . . . . 3

*Svishchov Yu.V.* The eigenmode interaction in a spherical dielectric resonator . . . . . 11

### RADIOWAVE PROPAGATION, RADIOLOCATION AND REMOTE SENSING

*Gorishnya Yu.V.* Polarisation of night-time ELF–VLF atmospheric waves as statistically approached . . . . . 20

*Kosyakovskiy A.V., Mytsenko I.M., Roenko A.N.* A complex radar system for surface situation control and navigation . . . . . 30

*Pashchenko R.E., Ivanov V.K., Tsyupak D.O., Levadnyy U.V.* Frequency-time analysis of radar reflections from a multirotor pilotless vehicle . . . . . 35

*Kornienko Yu.V., Dulova I.A.* Optimum surface relief restoration from photometric and altimetric data combined . . . . . 46

*Zolotarev V.A.* An efficient S-band transceiver for phased array radar . . . . . 53

**СТАТИСТИЧНА РАДІОФІЗИКА**

*Сытник О. В.* Особенности квазиоптимальной дискретной обработки сигналов ..... 63

**ПЕРСОНАЛІЯ**

Николай Николаевич Белецкий (к 70-летию со дня рождения) ..... 70

Виктор Филиппович Кравченко (к 80-летию со дня рождения) ..... 72

Иван Михайлович Балаклицкий (к 90-летию со дня рождения) ..... 73

Владимир Мефодиевич Яковенко (к 85-летию со дня рождения) ..... 75

Николай Тимофеевич Черпак (к 80-летию со дня рождения) ..... 77

Памяти Анатолия Ивановича Фисуна ..... 78

**STATISTICAL RADIOPHYSICS**

*Sytnik O.V.* Features of quasi-optimal discrete signal processing ..... 63

**PERSONALIA**

Nikolay Nikolaevich Beletskiy (to the 70<sup>th</sup> anniversary of his birthday) ..... 70

Viktor Filippovich Kravchenko (to the 80<sup>th</sup> anniversary of his birthday) ..... 72

Ivan Mikhaylovich Balaklitskiy (to the 90<sup>th</sup> anniversary of his birthday) ..... 73

Vladimir Mefodieovich Yakovenko (to the 85<sup>th</sup> anniversary of his birthday) ..... 75

Nikolay Timofeevich Cherpak (to the 80<sup>th</sup> anniversary of his birthday) ..... 77

In memory of Anatoliy Ivanovich Fisun ..... 78