

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

РАДІОТЕХНІКА

**Всеукраїнський
міжвідомчий науково-технічний збірник**

Засновано в 1965 р.

В И П У С К 2 0 2

Харків
Харківський національний
університет радіоелектроніки
2020

УДК 621.3

Збірник включено до Переліку наукових фахових видань України, категорія "Б", технічні та фізико-математичні науки (затверджено наказами МОНУ від 17.03.2020 № 409; від 02.07.2020 № 886; від 24.09.2020 № 1188) за спеціальностями: 171 – Електроніка; 172 – Телекомунікації та радіотехніка; 173 – Авіоніка; 125 – Кібербезпека; 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології; 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка; 153 – Мікро- та наносистемна техніка; 163 – Біомедична інженерія; 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

Сборник включен в Перечень научных профессиональных изданий Украины, категория «Б», технические и физико-математические науки (утверждено приказами МОНУ от 17.03.2020 № 409, от 02.07.2020 № 886, от 24.09.2020 № 1188) по специальностям: 171 – Электроника; 172 – Телекоммуникации и радиотехника; 173 – Авионика; 125 – Кибербезопасность; 151 – Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии; 152 – Метрология и информационно-измерительная техника; 153 – Микро- и наносистемная техника; 163 – Биомедицинская инженерия; 105 – Прикладная физика и наноматериалы.

The collection is included in the List of scientific professional publications of Ukraine, category «B», technical and physical-mathematical sciences (approved by orders of the Ministry of Education and Science from 17.03.2020 № 409; from 02.07.2020 № 886; from 24.09.2020 № 1188) by specialties: 171 – Electronics; 172 – Telecommunications and Radio Engineering; 173 – Avionics; 125 – Cybersecurity; 151 – Automation and Computer-Integrated Technologies; 152 – Metrology and Information-Measuring Equipment; 153 – Micro- and Nanosystem Technology; 163 – Biomedical Engineering; 105 – Applied Physics and Nanomaterials.

Сайт: rt.nure.ua

Рестраційне свідоцтво КВ № 12098-969 ПР від 14. 12. 2006.

За зміст статті відповідальні автори.

Редакційна колегія

А.І. Лучанінов, *д-р фіз.-мат. наук, проф., ХНУРЕ, Україна (головний редактор)*
О.Г. Аврунін, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
Д.В. Агеєв, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
В.М. Безрук, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
А.І. Бих, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
І.М. Бондаренко, *д-р фіз.-мат. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
І.Д. Горбенко, *д-р техн. наук, проф., ХНУ ім. В.Н. Каразіна, Україна*
Ю.Є. Гордієнко, *д-р фіз.-мат. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
К.Ю. Дергачов, *канд. техн. наук, с.н.с., НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна*
А.Н. Довбня, *д-р фіз.-мат. наук, член-кор. НАНУ, проф., ННЦ ХФТІ, Україна*
В.О. Дорошенко, *д-р фіз.-мат. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
І.П. Захаров, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
В.М. Карташов, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
А.А. Коноваленко, *д-р фіз.-мат. наук, академік НАНУ, РІАН, Україна*
А.С. Кулік, *д-р техн. наук, проф., НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна*
Л.М. Литвиненко, *д-р фіз.-мат. наук, академік НАНУ, РІАН, Україна*
К.М. Музика, *д-р техн. наук, с.н.с., ХНУРЕ, Україна*
Є.М. Одаренко, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
О.Ю. Панченко, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
О.Г. Пашенко, *канд. фіз.-мат. наук, доц., ХНУРЕ, Україна (відповідальний секретар)*
І.В. Свид, *канд. техн. наук, доц., ХНУРЕ, Україна (заступник головного редактора)*
В.В. Семенець, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
С.І. Тарапов, *д-р фіз.-мат. наук, проф., член-кор. НАНУ, ІРЕ НАНУ, Україна*
П.Л. Токарський, *д-р фіз.-мат. наук, проф., РІАН, Україна*
О.І. Филипенко, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
Г.З. Халімов, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*
О.М. Цимбал, *д-р техн. наук, доц., ХНУРЕ, Україна*
О.І. Цопа, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна*

Міжнародна редакційна колегія

Boris Chichkov (*Німеччина*), Marianna Ivashina (*Швеція*), Konstantyn Markov (*Німеччина*),
Georgiy Sevskiy (*Німеччина*), Larysa Titarenko (*Польща*), Vitaliy Zhurbenko (*Данія*)

Відповідальні випускові: *І.Д. Горбенко, д-р техн. наук, проф.,
А.І. Лучанінов, д-р фіз.-мат. наук, проф.*
Технічний секретар *О.С. Полякова.*

Рекомендовано Вченою радою Харківського національного університету радіоелектроніки,
протокол № 7/11-1 від 16.09.2020.

Адреса редакційної колегії: Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ),
просп. Науки, 14, Харків, 61166, тел. (0572) 7021-397.

*Збірник «Радіотехніка» включено до Каталогу передплатних видань України,
передплатний індекс 08391.*

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
РАДІОТЕХНІКА
Випуск 202
Українською, російською, та англійською мовами

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
РАДИОТЕХНИКА
Выпуск 202
На украинском, русском и английском языках

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS
RADIOTECHNIKA
Issue 202
In Ukrainian, Russian and English

Коректор Л.І. Сащенко

Підп. до друку 30.09.2020. Формат 60x90/8. Папір офсет. Гарнітура Таймс. Друк. ризограф.
Ум. друк. арк. 12,4. Обл.-вид. арк. 11,3. Тираж 300 прим. Зам. № 341. Ціна договір.

Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Просп. Науки, 14, Харків, 61166.

Оригінал-макет підготовлено і збірник надруковано у ПФ „Колегіум”, тел. (057) 703-53-74.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої діяльності до Державного реєстру видавців.
Сер. ДК №1722 від 23.03.2004.