

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА**

**ISSN 2313-7010 (Online)**  
**ISSN 2307-9754 (Print)**

# **ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

**ЗБІРНИК**

**Видається з 2007 року**

**Випуск 21**

**Одеса –2017**

**Цифрові технології:** Збірник / Кол. авт. - ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2017. – Вип. 21– 163 с., іл.

Надано результати досліджень у сфері цифрових інформаційних та телекомунікаційних технологій науково-педагогічних працівників, провідних спеціалістів, інженерів та аспірантів Одеської національної академії зв'язку (ОНАЗ) ім. О.С. Попова, а також наукових працівників та вчених навчальних закладів і науково-дослідних організацій, які займаються теоретичними дослідженнями та практичними розробками за напрямком цифрових технологій.

Збірник розрахований на наукових та науково-педагогічних працівників, інженерів, аспірантів та студентів навчальних закладів.

**Затверджено як фахове видання. Постанова президії ВАК України  
від 29.12.2014 № 1548**

**Включено у російський індекс наукового цитування (РИНЦ)  
згідно з договором № 521-08/2013**

**Друкується відповідно до рішення Науково-технічної ради  
Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова,  
протокол № 21 (2017) - №8 від 22.05.2017**

**Редакційна колегія:**

**головний редактор:** Воробієнко П.П., д.т.н., професор, ректор ОНАЗ ім. О.С. Попова; (Україна);

**заступник головного редактора, науковий редактор:** Гофайзен О.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри телебачення та радіомовлення ОНАЗ ім. О.С. Попова;

**відповідальний секретар:** Каптур В.А., к.т.н., с.н.с., проректор з наукової роботи ОНАЗ ім. О.С. Попова,;

**члени редакційної колегії:**

Банкет В.Л., д.т.н., професор, професор кафедри теорії електричного зв'язку ім. А.Г. Зюко ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Вікулін І.М., д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики оптичного зв'язку ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Вуд Девід, Ph.D., Технології та інновації, EBU (Швейцарія);

Дош Крістоф, віце-голова Дослідної комісії 6 ITU-R (Німеччина);

Захарченко М.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційної безпеки та передачі даних ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Кадацький А.Ф., д.т.н., професор, завідувач кафедри теорії електричних кіл та електроживлення ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Мохамед Хассан Хессайн Алі, Ph.D., радник Міністра науки і телекомунікацій (Республіка Судан);

Рудий Е.М., д.т.н., професор, професор кафедри інформаційної безпеки та передачі даних ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Скачков В.В., д.т.н., професор, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії Військової академії (м. Одеса);

Сукачов Е.О., д.т.н., професор, професор кафедри технічної електродинаміки та систем радіозв'язку ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Троцишин І.В., д.т.н., професор, професор кафедри волоконно-оптичних ліній зв'язку ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

Турабі Осам, Ph.D., співробітник підрозділу «Радіотехніка та телевізійні системи» Нільського Центру дослідження технологій (Республіка Судан);

Холод Олександр, д.т.н., керівник служби міжнародного частотного планування у Федеральному офісі зв'язку (Швейцарія);

Цалієв Т. А., д.т.н., професор, професор кафедри технічної електродинаміки та систем радіозв'язку ОНАЗ ім. О.С. Попова (Україна);

**технічний редактор:** Пилявський В.В., к.т.н., викл. кафедри телебачення та радіомовлення ОНАЗ ім. О.С. Попова

**Статті друкуються мовою оригіналу**

**Адреса редакції:**

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова,

вул. Кузнечна, 1, Одеса, 65029, Україна,

тел.: (048)720-78-93; тел./факс (048)723-35-26, факс: (048)723-62-69, e-mail: onat@onat.edu.ua

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 13151-2035Р

видано Міністерством юстиції України 13 серпня 2007 року

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова, 2017

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**

**O.S. POPOV ODESSA NATIONAL ACADEMY OF TELECOMMUNICATIONS**

**ISSN 2313-7010 (Online)**  
**ISSN 2307-9754 (Print)**

# **DIGITAL TECHNOLOGIES**

**SCIENTIFIC EDITION**

**COLLECTION**

**Published since 2007**

**Issue No. 21**

**Odessa – 2017**

UDC 621.37/39

**Digital Technologies:** Collection / Ukr., Odessa: O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications, 2017. – No. 21. – 163 p.

The results of studies in the field of digital information and communication technologies research and teaching staff, leading experts, engineers and graduates of O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications (ONAT), as well as researchers and scientists of educational institutions and research organizations involved in scientific research and practical developments in the direction of digital technology are presented.

The collection is designed for scientific and pedagogical workers, engineers, graduate students and students of educational institutions

**Certified as professional edition. Resolution of the Presidium  
of the Higher Attestation Commission of Ukraine of 29.12.2014 № 1548**

**Included in the Russian Science Citation Index (RISC)  
under the contract № 521-08/2013**

**Printed in accordance with the decision the Scientific and Research Board  
of O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications,  
protocol № 8 dated May 22, 2017**

**Chief Editor:** Vorobiyenko Petro, ScD, Professor, Rector of O.S. Popov ONAT (Ukraine)

**Deputy Chief Editor, Science editor:** Gofaizen Oleg, ScD, Professor, Head of Television and Radio Department, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

**Executive Secretary:** Kaptur Vadim, PhD, Senior Researcher, Pro-Rector rfor Scientific Work, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

**Members of Editor Staff:**

Banket Victor, ScD, Professor, Telecommunication Theory Department, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Vikulin Ivan, ScD, Professor, Head of Department of Physics of Optical Communication, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Wood David, PhD, Technologies and Innovations (EBU, Switzerland)

Dosch Christoph, Vice-Chairman of ITU-R Study Group 6 “Broadcasting service” (IRT, Germany)

Zakharchenko Mykola, ScD, Professor, Head of Department of Information Security and Data Transmission, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Kadatsky Anatoly, ScD, Professor, Head of Department of Electric Circuits Theory and Power Supply, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Mohammad Hassan Ali, PhD, Counselor of Minister of Science and Communications (Republic of the Sudan)

Rudy Eugene, ScD, Professor, Department of Information Security and Data Transmission, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Skachkov Valery, ScD, Professor, Leading Researcher of Scientific Laboratory, Military Academy (Odessa, Ukraine)

Sukachov Edward, ScD, Professor, Department of Technical Electrodynamics and Radiocommunication Systems, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Trotsishin Ivan, ScD, Professor, Department of Fiber Optic Telecommunication lines, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

Osama Turabi, PhD, Radio Engineering and Television Systems, Nile Center for Technology Research (Republic of the Sudan)

Kholod Alexander, ScD, International Frequency Planning, Federal Office of Communications (Switzerland)

Tsaliev Tamerlan, ScD, Professor, Department of Technical Electrodynamics and Radiocommunication Systems, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

**Technical editor:** Pilyavskiy Volodymyr, PhD, Television and Radio Department, O.S. Popov ONAT (Ukraine)

**Articles published in the original language**

**Address of Editorial Office:**

O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications,

Kuznechna st., 1, Odessa, 65029, Ukraine,

tel.: (048) 720-78-93; tel./fax (048) 723-35-26, fax: (048) 723-62-69, e-mail: onat@onat.edu.ua

State Registration Certificate KB № 13151-2035R

issued by the Ministry of Justice of Ukraine August 2007

*O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications, 2016*