

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УКРАИНЫ  
"КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"

---

# Electronics and Communications

## Електроніка та зв'язок

## Электроника и связь

Научно-технический журнал  
Издается шесть раз в год  
Основан в марте 1995 года

**Том 20, №4(87), 2015**



Киев  
НТУУ «КПИ»  
2015

---

# Electronics and Communications

Научно-технический журнал

Свидетельство о регистрации КВ № 21439-11239 ПР от 27.07.2015 г.

Учредитель и издатель:

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ\*

<b>Якименко Ю. И.</b>	<b>главный редактор</b> д-р техн. наук, проф., акад. НАН Украины
<b>Кириленко А.В.</b>	<b>зам. главного редактора</b> д-р техн. наук, проф., акад. НАН Украины
<b>Жуйков В. Я.</b>	<b>зам. главного редактора</b> д-р техн. наук, проф.
<b>Абакумов В. Г.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Борисов А. В.</b>	канд. техн. наук, проф.
<b>Власюк А. Г.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Денбновецкий С. В.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Дидковский В. С.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Лошицкий П. П.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Лысенко А. Н.</b>	д-р техн. наук, доц.
<b>Максименко В. Б.</b>	д-р мед. наук, проф.
<b>Петрищев О. Н.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Пилинский В. В.</b>	канд. техн. наук, проф.
<b>Писаренко Л. Д.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Поплавко Ю. М.</b>	д-р физ.-мат. наук, проф.
<b>Тимофеев В. И.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Ямненко Ю. С.</b>	д-р техн. наук, проф.
<b>Богданова Н. В.</b>	<b>ответственный редактор и</b> <b>ответственный за выпуск журнала</b> канд. техн. наук, доц.
<b>Радченко И. Г.</b>	<b>ответственный секретарь</b>

## EDITORIAL BOARD\*

<b>Yakimenko Yu. I.</b>	<b>Editor-in-Chief</b> Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of NAS Ukraine
<b>Kirilenko A. V.</b>	<b>Deputy Editor-in-Chief</b> Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of NAS Ukraine
<b>Zhuykov V. Ya.</b>	<b>Deputy Editor-in-Chief</b> Dr.Sc.(Eng.), Professor Ph.D.(Eng.), Professor
<b>Abakumov V. G.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Borisev A.V.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Vlasyuk A. G.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Denbnovetskiy S. V.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Didkovskiy V. S.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Loshitskiy P. P.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Lysenko A. N.</b>	Dr.Sc.(Eng.)
<b>Maksimenko V. B.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Petrishchev O. N.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Pilinskiy V. V.</b>	Ph.D., Professor
<b>Pisarenko L. D.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Poplavko Yu. M.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Timofeyev V. I.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Yamnenko Yu. S.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor
<b>Bogdanova N. V.</b>	<b>Executive Managing Editor</b> Ph.D.
<b>Radchenko I. G.</b>	<b>Responsible Secretary</b>

\* Члены редакционной коллегии работают в Национальном техническом университете Украины «Киевский политехнический институт», Киев  
Editorial board members work in National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

<b>Amadu Kan</b>	Ph.D.(Eng.), University of Miskolc, Hungary, Miskolc
<b>Bezruk V. M.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Kharkiv national university of radioelectronics, Ukraine, Kharkiv
<b>Berzan V. P.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova, Kishinev
<b>Butkevich A. F.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Institute of electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv
<b>Churyumov G. I.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Kharkiv national university of radioelectronics, Ukraine, Kharkiv
<b>Dobrutskiy A.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Politechnika Wroclawska, Poland
<b>Kharitonov S. A.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Novosibirsk State Technical University, Russia, Novosibirsk
<b>Kovalchuk K. V.</b>	Ph.D.(Eng.), Research Institute "Hidropryor", Ukraine, Kyiv
<b>Marius F.</b>	Ph.D.(Eng.), Dresden University of Technology, Germany, Dresden
<b>Machulin V. F.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of NAS Ukraine, Institute of Semiconductor Physics, Ukraine, Kyiv
<b>Mladenov G.</b>	Professor, Institute of electronics of Academy of sciences of Bulgaria, Bulgaria, Sofia
<b>Oks Ye. M.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk
<b>Pustinskiy I. N.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk
<b>Radzhabov T. D.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of AS Uzbekistan, Tashkent University of Information Technologies, Uzbekistan
<b>Ribickis L.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Technical University, Latvia, Riga
<b>Sveshnikov V. M.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Russia, Novosibirsk
<b>Slobodzian P.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Politechnika Wroclawska, Poland
<b>Stakhiv P. G.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, National University "Lviv Polytechnica", Ukraine, Lviv
<b>Strzheletskiy R.</b>	Professor, Marine Academy in Gdyni, Poland
<b>Turmanidze R. S.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Georgian Technical University, Georgia
<b>Verbitskiy V. G.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Research institute of mikropriladiv, Ukraine, Kyiv
<b>Vorobyev G. S.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Sumy State University, Ukraine, Sumy
<b>Wieckowski T.</b>	Dr.Sc.(Eng.), Professor, Politechnika Wroclawska, Poland
<b>Wolter K.-J.</b>	Professor, Technical University of Dresden, Germany, Dresden

Журнал «Electronics and Communications» входит в перечень профильных изданий ГАК Украины, представленный в реферативной базе данных «УКРАЇНКА НАУКОВА» и в международных наукометрических базах данных **Index Copernicus, Ulrich's Web, ResearchBib, Journals4Free, РИНЦ.**

*Рекомендовано к печати Ученым советом ФЭЛ НТУУ «КПИ»  
(Протокол № 28/12 от 28.12.15)*

Адрес редакции и издательства:

03056, г. Киев-56, ул. Политехническая, 16, корпус 12, к. 116

Тел. +38(044)454-94-39, e-mail: [journal\\_el\\_com@fel.ntu-kpi.kiev.ua](mailto:journal_el_com@fel.ntu-kpi.kiev.ua)

интернет: <http://www.elc.kpi.ua>

© Национальный технический университет Украины «КПИ», 2015