

Вимірюйте  
усе доступне вимірюванню  
й робіть недоступне вимірюванню  
доступним.

Галілео Галілей

ISSN 2307-2180

# Метрологія



# Та прилади

## METROLOGY AND INSTRUMENTS

№ 5(79), 2019

Науково-виробничий журнал  
Scientific and production journal

### Засновники:

Академія метрології України,  
Харківський національний  
університет радіоелектроніки (ХНУРЕ),  
Державне підприємство  
«Всеукраїнський державний  
науково-виробничий центр  
стандартизації, метрології, сертифікації  
та захисту прав споживачів»  
(ДП «Укрметргестандарт»),  
ТОВ Виробничо-комерційна  
фірма (ВКФ) «Фавор ЛТД»

Видається з березня 2006 року  
Рік випуску чотирнадцятий  
Передплатний індекс 92386

### Головний редактор

Володарський Є. Т., д. т. н., проф.

### Редакційна колегія:

Величко О.М., д. т. н., проф.  
Захаров І.П., д. т. н., проф.  
Коломієц Л.В., д. т. н., проф.  
Косач Н.І., д. т. н., проф.  
Кошева Л.О., д. т. н., проф.  
Кошовий М.Д., д. т. н., проф.  
Кучерук В.Ю., д. т. н., проф.  
Кухарчук В.В., д. т. н., проф.  
Назаренко Л.А., д. т. н., проф.  
Пістун Є.П., д. т. н., проф.  
Середюк О.Є., д. т. н., проф.  
Туз Ю.М., д. т. н., проф.

### Іноземні члени редколегії:

Tadeusz Skubis, dr hab. inż., prof.  
(Польща)  
Zygmunt Warsza, doc., dr inż. (Польща)  
Михалченко В.М., к. т. н. (Казахстан)

### Експертна рада:

Большаков В.Б., д. т. н., с. н. с.,  
заступник головного редактора  
Кузьменко Ю.В., к. т. н., с. н. с.  
Петришин І.С., д. т. н., проф.  
Рожнов М.С., к. х. н., с. н. с.  
Сурду М.М., д. т. н., проф.

### Редакційна група:

Фісун В.П., заступник головного  
редактора  
Винокуров Л.І., науковий редактор —  
відповідальний секретар  
Проненко М.П., модератор сайту,  
дизайнер  
Зайцев Ю.О., дизайнер-верстальник

### Журнал рекомендовано до друку

вченою радою ХНУРЕ  
(протокол №9 від 24.10.2019)

### Адреса редакції:

61001, Харків, вул. Рижівська, 11, к. 2;  
Тел.: (057) 703-23-28; (095) 00-68-665  
E-mail: metrolog-prylady@ukr.net  
<http://www.amu.in.ua/journal1>  
<https://mmi-journal.org/index.php/journal/issue/view/1>

### Видавець та виготовлювач:

ВКФ «Фавор ЛТД»  
61140, Харків, пр-т. Гагаріна, 94-А, кв. 35;  
Свідоцтво про внесення  
до Держреєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції  
серія ХК № 90 від 17.12.2003.

Підписано до друку 12.11.2019.  
Формат 60×84/8. Папір крейдований.  
Ум. друк. арк. 8,43. Обл.-вид. арк. 7,13.  
Друк офсетний. Тираж 400 прим.  
Замовлення № 47.

© «Метрологія та прилади», 2019

Журнал зареєстровано  
у Міністерстві юстиції України,  
свідоцтво  
серія КВ № 22796-12696ПР  
від 03.07.2017;  
включено до Переліку наукових  
фахових видань України, наказ  
Міністерства освіти і науки України  
№ 747 від 13.07.2015  
Журнал включено до Міжнародної  
наукометричної бази даних  
Index Copernicus, лист від 08.03.2013  
ICV 2018 = 56,77

The Journal is Registered  
in Ministry of Justice of Ukraine,  
Certificate series KB № 22796-12696PR  
dated 03.07.2017;

is included in the List of scientific  
professional editions of Ukraine,  
the order of the Ministry of Education  
and Science of Ukraine  
No. 747 dated 13.07.2015  
The journal is included in the  
International Scientific Databases Index  
Copernicus, Letter dated 08.03.2013  
ICV 2018 = 56,77

### Co-founders:

Kharkiv National University  
of Radio Electronics (KNURE);  
Public Organization  
«Academy of Metrology of Ukraine»;  
State Enterprise «Ukrainian State  
Research and Production Centre  
for Standardisation, Metrology,  
Certification and Consumers  
Rights Protection»  
(SE «Ukrmetrtteststandart»);  
LLC Production and Commercial Firm  
(PCF) «FAVOR, LTD»

Published since march 2006.  
Release year fourteenth  
Subscription index 92386.

### Chief editor:

Volodarskyi Ye.T., D.Sc. (Eng.), prof.

### Editorial board:

Kolomyiets L.V., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kosach N.I., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kosheva L.O., D.Sc. (Eng.), prof.  
Koshovyi M.D., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kucheruk V.Yu., D.Sc. (Eng.), prof.  
Kukharchuk V.V., D.Sc. (Eng.), prof.  
Nazarenko L.A., D.Sc. (Eng.), prof.  
Pistun Ye.P., D.Sc. (Eng.), prof.  
Serediuk O.Ye., D.Sc. (Eng.), prof.  
Tuz Yu.M., D.Sc. (Eng.), prof.  
Velychko O.M., D.Sc. (Eng.), prof.  
Zakharov I.P., D.Sc. (Eng.), prof.

### Foreign members of the editorial board:

Tadeusz Skubis, prof. dr hab. inż.  
(Poland)  
Zygmunt Warsza, doc., dr inż. (Poland)  
Mykhalchenko V.M., Ph.D.  
in Engineering Science (Kazakhstan)

### Advisory Board:

Bolshakov V.B., D.Sc. (Eng.), S.Sc.Off.  
Deputy Chief Editor  
Kuzmenko Yu.V., Ph.D. (Eng.), S.Sc.Off.,  
Petryshyn I.S., D.Sc. (Eng.), prof.  
Rozhnov M.S., Ph.D. (Chem.), S.Sc.Off.  
Surdu M.M., D.Sc. (Eng.), prof.

### Editorial Team:

Fisun V.P., Deputy Chief Editor  
Vynokurov L.I., Scientific Editor,  
Executive Secretary  
Pronenko M.P., site moderator, designer  
Zaitsev Yu.O., maker-up designer

### The journal is recommended for publication

by the scientific council of KNURE  
(protocol number 9 dated 24.10.2019)

### Editorial Address:

61001, Kharkiv, st. Ryzhivska, 11, r. 2;  
tel.: (057) 703-23-28; (095) 00-68-665  
e-mail: metrolog-prylady@ukr.net  
<https://www.amu.in.ua/journal1>  
<https://mmi-journal.org/index.php/journal/issue/view/1>

### Publisher and manufacturer:

PCF «Favor LTD»  
61140, Kharkiv,  
pr-t. Gagarin, 94-A, sq. 35;  
Certificate of inclusion in the State  
Register of Publishers, Manufacturers  
and Distributors of Publishing Products,  
series XK № 90 dated 17.12.2003.

Signed for printing dated 12.11.2019  
Format 60 × 84/8. Paper is coated.  
Conditional printed sheets 8.43.  
Accounting and publishing sheets 7.13.  
Offset printing. Circulation 400 copies  
Order number 47.

ISSN (print) 2307-2180  
ISSN (online) 2663-9564  
DOI: 10.33955/2307-2180

© «Metrology and Instruments», 2019