

Вимірюйте  
усе доступне вимірюванню  
й робіть недоступне вимірюванню  
доступним.

Галілео Галілей

ISSN 2307-2180

# Метрологія



# Та прилади

№ 3 (71), 2018

Науково-виробничий журнал

## Засновники:

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

Видається з березня 2006 року  
Рік випуску тринадцятий  
Передплатний індекс 92386

**Головний редактор** д. т. н., проф.  
Володарський Є. Т.

## Редакційна колегія:

Большаков В. Б., д. т. н., с. н. с.  
Варша З., д. т. н., Польща  
Величко О. М., д. т. н., проф.  
Віткін Л. М., д. т. н., проф.  
Грищенко Т. Г., д. т. н., с. н. с.  
Гудрун В., д. т. н., Німеччина  
Жагора М. А., д. т. н., проф., Білорусь  
Захаров І. П., д. т. н., проф.  
Зенкін А. С., д. т. н., проф.  
Коломієць Л. В., д. т. н., проф.  
Косач Н. І., д. т. н., проф.  
Кошева Л. О., д. т. н., проф.  
Крюков О. М., д. т. н., проф.  
Кузьменко Ю. В., к. т. н.  
Кухарчук В. В., д. т. н., проф.  
Мачехін Ю. П., д. т. н., проф.  
Назаренко Л. А., д. т. н., проф.  
Народницький Г. Ю., д. т. н., с. н. с.  
Несємаков П. І., д. т. н., проф.  
Петришин І. С., д. т. н., проф.  
Пістун Є. П., д. т. н., проф.  
Радев Х., д. т. н., проф., Болгарія  
Рожнов М. С., к. х. н., с. н. с.  
Руженцев І. В., д. т. н., проф.  
Самойленко О. М., д. т. н., проф.  
Скубіс Т., д. т. н., проф., Польща  
Сурду М. М., д. т. н., проф.  
Туз Ю. М., д. т. н., проф.  
Хакімов О., д. т. н., проф., Узбекистан  
Чалий В. П., к. т. н., с. н. с.  
Черепков С. Т., к. т. н., доц.  
Чуновкіна А. Г., д. т. н., Росія

## Редакційна група:

Заступник головного редактора  
Фісун В. П.  
Науковий редактор — відповідальний  
секретар Винокуров Л. І.  
Дизайнер-верстальник Зайцев Ю. О.

Журнал **рекомендовано до друку**  
вченою радою ХНУРЕ  
(протокол №8 від 03.07.2018)

## Адреса редакції:

61002, Харків, вул. Куликівська, 11;  
Тел.: (057) 706-00-36; (095) 00-68-665  
E-mail: metrolog-prylady@ukr.net  
<http://www.amu.in.ua/journal1>

## Видавець та готувлювач:

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

Підписано до друку 09.07.2018.  
Формат 60×84/8. Папір крейдований.  
Ум. друк. арк. 8,43. Обл.-вид. арк. 7,13.  
Друк офсетний. Тираж 400 прим.  
Замовлення № 21.

© «Метрологія та прилади», 2018

Журнал **zareєстровано**  
у Міністерстві юстиції України,  
свідцтво  
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**

## УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ №188/2018

*Про відзначення державними нагородами України з нагоди  
Дня Конституції України*

*За значний особистий внесок у державне будівництво, соціально-  
економічний, науково-технічний, культурно-освітній розви-  
ток України, вагомі трудові здобутки та високий професіоналізм  
постановляю:*

*Нагородити орденом «За заслуги» III ступеня*

*БРОВЧЕНКА Юрія Петровича — заступника Міністра  
економічного розвитку і торгівлі України*

*Присвоїти почесне звання:*

*«ЗАСЛУЖЕНИЙ ПРАЦІВНИК ОСВІТИ УКРАЇНИ»*

*КУХАРЧУКУ Василю Васильовичу — завідувачеві кафедри  
Вінницького національного технічного університету*

**Президент України П. ПОРОШЕНКО**  
**27 червня 2018 року**

<b>МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО</b>	<b>INTERNATIONAL COOPERATION</b>
Вітальні послання директорів Міжнародних бюро з мір і вагів Мартіна Мілтона та законодавчої метрології Стівена Паторея з нагоди Всесвітнього дня метрології 2018 ..... 3	Messages from the Directors of the BIPM Martin Milton and of the OIML Stephen Patoray dedicated to the World Metrology Day 2018
<b>МОДЕЛІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ</b>	<b>MODELS AND MODELING</b>
Володарський Є., Денисюк С., Волошко А. Гармонізація стандартів у сфері комунікаційних мереж та систем для автоматизації електроенергетичних підприємств. Частина 1. Інформаційні моделі та методи моделювання ..... 4	Volodarsky Ye., Denisyuk S., Voloshko A. Harmonization of Standards in the Field of Communication Networks and Systems for Automation of Electric Power Enterprises. Part 1. Information Models and Modeling Methods
<b>ТОЧНІСТЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ</b>	<b>ACCURACY AND RELIABILITY</b>
Вдовиченко А., Туз Ю. Підвищення точності вимірювання активної потужності шляхом додаткового вимірювання напруги на шунті ..... 11	Vdovychenko A., Tuz J. Active Power Measurement Accuracy Increasing by Additional Measurement of Shunt Voltage
<b>МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ</b>	<b>METHODS AND PROCEDURES</b>
Ляховецький Л. Метод оцінювання інтерференційних завад у системах передавання з ортогональними гармонічними сигналами ..... 17	Lyakhovetsky L. Method of Estimation of Interference Noise in Transmission Systems with Orthogonal Harmonic Signals
<b>ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ</b>	<b>MEASURING INSTRUMENTS AND SYSTEMS</b>
Квасніков В., Дуднік А. Наукові основи визначення відстані між об'єктами за допомогою комп'ютеризованих систем вимірювання механічних величин ..... 21	Kvasnikov V., Dudnik A. Scientific Basis of Distance Determination Between Objects by the Computerized Systems of Mechanical Quantities Measurement
<b>ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ</b>	<b>REPRODUCTION UNIT OF MEASUREMENT</b>
Ковтун С. Розширення діапазону відтворення одиниці поверхневої густини теплового потоку за кондуктивного підведення енергії ..... 27	Kovtun S. Expansion of the Range of Refrigeration of the Surface Heat Flow Unit Under Conductive Energy Produce
<b>ПОХИБКИ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ</b>	<b>ERRORS AND UNCERTAINTY</b>
Лейт Ахмед Мустафа Аль Равашдех, Руженцев І. Оцінка похибок динамічних нейронних мереж для вимірювальних систем ..... 33	Lejt Ahmed Mustafa Al Ravashdeh, Ruzhentsev I. Estimation of Dynamical Neuron Nets' Errors for Measuring Systems
<b>ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>	<b>PARAMETERS AND CHARACTERISTICS</b>
Леонов Г., Демченко А., Ципоренко А. Исследование метрологических характеристик эталонной силовоспроизводящей машины ОСМ2-100-5 ..... 36	Leonov G., Demchenko A., Tsiporenko O. Investigation of Lever Amplification of Force Standard Machine OCM2-100-5
<b>ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ</b>	<b>APPLICATION AND EXPLOITATION</b>
Черепашук Г., Калашников Е., Сироклин В., Гопций О. Особенности применения радиационных пирометров, влияющие на точность измерения ..... 41	Cherepaschuk G., Kalashnikov E., Siroklin V., Goptsiy O. Features of the Application of Radiation Pyrometers, which Influence on the Accuracy of Measurement
<b>БЕЗКОНТАКТНИЙ КОНТРОЛЬ</b>	<b>CONTACTLESS CONTROL</b>
Зенкін А., Здоренко В., Барилко С., Лісовець С. Удосконалення акустичного безконтактного контролю матеріалів зі складною внутрішньою структурою ..... 47	Zenkin A., Zdorenko V., Barilko S., Lisovets S. Improvement of Acoustic Non-Contact Control of Materials with Complex Internal Structure
<b>ЯКІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ</b>	<b>QUALITY AND EFFICIENCY</b>
Григоренко І., Григоренко С., Безбородий Є. Використання нечіткої логіки для контролю точності та підвищення якості продукції ..... 52	Hrihorenko I., Hrihorenko S., Bezborodiy E. Use of the Fuzzy-Logic for Control of Accuracy and Increase of Production Quality
<b>СЕРТИФІКАЦІЯ ПЕРСОНАЛУ</b>	<b>CERTIFICATION OF PERSONNEL</b>
Хорло Н. Схема сертификации персонала в области неразрушающего контроля, действующая в странах Северной Европы ..... 58	Khorlo N. Scheme for Certification of Non-Destructive Testing Personnel, Operating in the Nordic Countries
<b>ВІТАЄМО ЮВІЛЯРІВ</b>	<b>WELCOME</b>
До 60-річчя Олега Миколайовича Величка ..... 66	To 60th anniversary of O.M. Velichko
<b>НА ДОПОМОГУ МЕТРОЛОГУ-ПРАКТИКУ</b>	<b>FOR HELP METROLOGUE-PRACTICE</b>
Чижи́к І. Як підтвердити технічну компетентність лабораторії і чи це необхідно? ..... 67	I. Chizhik How to Confirm the Technical Competence of the Laboratory and is it Necessary?
<b>ІНФОРМАЦІЯ</b> ..... 10, 32, 57	<b>INFORMATION</b>



## ВІТАЛЬНІ ПОСЛАННЯ ДИРЕКТОРІВ МІЖНАРОДНИХ БЮРО З МІР І ВАГІВ МАРТІНА МІЛТОНА ТА ЗАКОНОДАВЧОЇ МЕТРОЛОГІЇ СТІВЕНА ПАТОРЕЯ З НАГОДИ ВСЕСВІТНЬОГО ДНЯ МЕТРОЛОГІЇ 2018



### ВИКОРИСТАННЯ ЗАКОНІВ ПРИРОДИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНІВ ВИМІРЮВАННЯ

**М**іжнародна система одиниць (SI) — це затверджений ряд одиниць для всіх застосувань вимірювань у всьому світі. Оскільки SI отримала свою назву вперше близько 60 років тому, то кожного разу, коли вдавалося використати досягнення у галузі вимірювальних технологій, до неї вносилися вдосконалення у відповідності з новими вимогами.

У листопаді 2018 року на Генеральній конференції з мір та вагів очікується ухвалення однієї із найважливіших змін до SI, завдяки якій її основою стане ряд визначень, кожне з яких прив'язано до законів фізики. Ця історична зміна щодо застосування законів природи у визначеннях дозволить позбутися останнього зв'язку SI з визначеннями на основі фізичних артефактів. Після перевизначення кілограм буде прив'язано до точного значення сталої Планка, а не до міжнародного прототипу кілограма, як було затверджено на 1-й CGPM у 1889 році.

Понад 200 років колективний задум щодо «метричної системи» полягав у забезпеченні універсальності доступу до погодженої основи вимірювань у всьому світі. Визначення, які, як очікується, будуть ухвалені в листопаді, стануть ще одним кроком до цієї мети. Вони ґрунтуються на результатах досліджень нових методів вимірювань, у яких квантові явища були використані як основа еталонів одиниць основних фізичних величин. Значна увага приділялася забезпеченню узгодженості цих нових визначень із поточними під час упровадження цих змін. Зміни будуть непомітними для всіх, окрім найвимогливіших користувачів.

Разом із забезпеченням наявних користувачів необхідним рівнем безперервності, перевагою змін є можливість охоплення майбутніх удосконалень методів вимірювань для задоволення потреб майбутніх користувачів, оскільки вони надійно спираються на закони фізики. У нових визначеннях будуть використовуватися «закони природи для встановлення законів вимірювання», пов'язуючи атомно-квантові масштаби вимірювання з тими, що проводяться на макроскопічному рівні.

Вимоги до вимірювань для підтримання нових продуктів та послуг будуть зростати разом із прогресом науки та техніки. Метрологія є динамічною галуззю науки, а заходи, що вживатимуться BIPM та широкою метрологічною спільнотою для вдосконалення SI у 2018 році, стануть основою для виконання відповідних вимог та задоволення потреб протягом багатьох наступних років.

© М. Мілтон, С. Паторея, 2018



### НЕВПИННА ЕВОЛЮЦІЯ МІЖНАРОДНОЇ СИСТЕМИ ОДИНИЦЬ (SI)

**Т**емою, обраною для Всесвітнього дня метрології — 2018, є «Невпинна еволюція Міжнародної системи одиниць (SI)». Ця еволюція є кульмінацією багаторічної роботи великої кількості видатних метрологів задля обрання найкращого способу перевизначення певних основних одиниць SI. Цей перегляд не матиме безпосереднього впливу на законодавчу метрологію, оскільки користувачі зможуть отримувати простежуваність до переглянutoї SI із тих самих джерел, що використовуються на сьогодні. Однак це означає зміну способу визначення певних одиниць вимірювання та, в деяких випадках, способу остаточного встановлення простежуваності.


Переглянута SI цілком ґрунтуватиметься на природних сталих. Хоча це й здається великою зміною, насправді таке вже неодноразово траплялося у нещодавньому минулому, коли і секунда (1967–1968 роки), і метр (1983 рік) були перевизначені на основі руху і розміру Землі з тим, щоби мати за основу атомні та електромагнітні сталі.

Значимість у цьому випадку полягає в тому, що певні поняття, які більшість із нас вивчали в школі й які до сьогодні залишалися майже незмінними, нині можуть змінитися. Платино-іридієвий (Pt-Ir) прототип, який зберігається під трьома замками у сховищі поблизу Парижа, частково «вийде на пенсію» після 137 років служби.

Це, звичайно, означатиме кінець епохи. SI починалася із системи одиниць вимірювання МКС зі співрозмірними людському зросту еталонами на основі того, що на той час уважалося природними сталими: обертання Землі, її розмір і вага, спочатку виведена з певної кількості води (пізніше узгоджена як певна кількість платино-іридієвої речовини). З часом удосконалені вимірювання довели, що ці сталі насправді були не зовсім сталими, як вважалося раніше; цей факт, разом із технологічними досягненнями, які застосовуються до вимірювань, що поступово створюють можливості для набагато точнішої реалізації одиниць, є основними причинами зміни. Наразі останній із цих оригінальних еталонів буде замінено визначенням, що базується на фундаментальній природній сталій.

Хоча «Великий К» («Le Grand K»), або міжнародний прототип кілограма, є найвідомішим з артефактів SI, зміни також торкнуться інших одиниць. Кельвін більше не залежатиме від властивості води, ампер не ґрунтуватиметься на визначенні, яке дуже важко реалізувати, а моль змінить своє визначення на більш практичне. Окрім того, переглянуті визначення кілограма, ампера, кельвіна та моля не впливатимуть на визначення секунди, метра та кандела.

Як зазначалося раніше, ми не очікуємо впливу на законодавчу метрологію, але це стане суттєвою зміною у мисленні та методах тих із нас, хто працював із цими одиницями протягом багатьох років.

Ми пропонуємо вам витратити деякий час на перегляд великої кількості документів на цю тему на веб-сайті BIPM. Ми також сподіваємося, що у цьому році ви знову із задоволенням святкуватимете Всесвітній день метрології з нами, і з нетерпінням чекаємо на ще одну нагоду відзначити важливість метрології у нашому сучасному світі. 

УДК 621.311.001.18

# ГАРМОНІЗАЦІЯ СТАНДАРТІВ У СФЕРІ КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ТА СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ. ЧАСТИНА 1. ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ

**Harmonization of Standards in the Field of Communication Networks  
and Systems for Automation of Electric Power Enterprises.  
Part 1. Information Models and Modeling Methods**

**Є. Володарський**, доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації експериментальних досліджень, E-mail: vet-1@ukr.net

**С. Денисюк**, доктор технічних наук, професор кафедри електропостачання, E-mail: mail@kpi.ua

**А. Волошко**, доктор технічних наук, професор кафедри електропостачання, E-mail: a-voloshko@yandex.ua

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

**Ye. Volodarsky**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Automation of Experimental Studies Department, E-mail: vet-1@ukr.net

**S. Denisyuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Electrical Supply Department, E-mail: mail@kpi.ua

**A. Voloshko**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Electrical Supply Department, E-mail: a-voloshko@yandex.ua

National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»

*Представлено можливості здійснення, з концептуальної точки зору, прийняття у розумінні основних концепцій моделювання і методів описання для інформаційних моделей станцій і підстанцій, функцій пристроїв, які використовуються в автоматизації підстанцій та систем зв'язку для забезпечення взаємодії у межах підстанцій.*

*The development of the Ukrainian electricity sector in terms of energy independence and energy saving is directly related to the introduction of so-called Smart Grid technologies — the construction of intelligent electrical networks. That, in turn,*

**Ключові слова:** гармонізація стандартів, інформаційні моделі та методи моделювання, автоматизація підстанцій.

**Keywords:** harmonization of standards, information models and modeling methods, substation automation.

Одним із важливих напрямів ефективної участі України у роботах з міжнародної стандартизації є своєчасне і найбільш повне використання міжнародних, регіональних та національних стандартів інших країн шляхом їх гармонізації на території України. Гармонізовані стандарти — це стандарти, які прийняті уповноваженими на діяльність зі стандартизації органами, поширюється на один і той же об'єкт стандартизації й забезпечують взаємозамінність продукції, процесів або послуг і/або взаємне розуміння результатів випробувань або інформації, яка представляється відповідно до таких стандартів [1].

Розвиток електроенергетичної галузі України в плані енергонезалежності та економії енергетичних ресурсів напряму пов'язано з упровадженням так званих Smart Grid технологій — побудови інтелектуальних електричних мереж. Це, у свою чергу, потребує їх автоматизації, насамперед, електричних підстанцій, і як наслідок упровадження цілого ряду стандартів, гармонізованих із міжнародними.

*requires their automation, and first of all — electric substations, and, consequently, the introduction of a number of standards harmonized with international ones. Such standards are: IEC 61850-1 IEC 61850-6; IEC 61850-7 ÷ IEC 61850-7-5); IEC 61850-8-1; IEC 61850-9-2; IEC 61850-10.*

*Based on the analysis of these standards in the article presented, from the conceptual point of view, the perception in the understanding of the basic concepts of modeling and description methods for information models of stations and substations, the functions of devices used in the automation of substations and communication systems to provide interoperability within substations.*



Є. Володарський



С. Денисюк



А. Волошко

УДК 621.317.382.023

# ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ШЛЯХОМ ДОДАТКОВОГО ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ НА ШУНТІ

## Active Power Measurement Accuracy Increasing by Additional Measurement of Shunt Voltage

**А. Вдовиченко**, інженер ТОВ «Росток-Прилад»/  
кафедри автоматизації експериментальних досліджень,  
e-mail: astorion@ukr.net

**Ю. Туз**, доктор технічних наук, професор кафедри,  
e-mail: tuz@aer.ntu-kpi.kiev.ua  
Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського»

**A. Vdovychenko**, engineer of LLC «Rostok-Device» /  
department of automation of experimental studies  
e-mail: astorion@ukr.net

**J. Tuz**, doctor of technical science,  
professor of department,  
e-mail: tuz@aer.ntu-kpi.kiev.ua  
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic Institute»

*Розглядається широкопasmовий ватметр прохідної потужності з корекцією похибки від власного споживання для вимірювання активної потужності за великих реактивних складових навантаження у радіочастотному діапазоні. Описано особливості побудови вхідної ланки ватметра прохідної потужності з додатковим вимірюванням падіння напруги на шунті. Надано формули розрахунку активної потужності з урахуванням впливу реактивної складової шунта. Проведено моделювання вхідної ланки ватметра прохідної потужності, що містить додаткове вимірювання напруги шунта.*

*The broadband transfer power wattmeter with the correction of the own consumption error for measuring the active power against the background of large reactive components in the radio frequency range is considered in article. The objects of research are electromagnetic elements (chokes / transformers), operating at high frequencies and have strongly distorted forms of signals.*

*When measuring at high frequencies, the channels of the wattmeter become very sensitive to phase errors. It is necessary to minimize links that cause phase shifts. In this connection, it is important to correctly construct the input units of the wattmeter and to make such a transformation, which will provide operations with signal rms values without links phase shifts. The proposed scheme allows this to be achieved, and required gain is carried out without taking into account the phase shift of the signals.*

*In the basic scheme of the wattmeter (fig. 1), the input device is executed from the main shunt and parallel to the auxiliary distributed shunt connected to it, which is connected to the main resistance of the*

*voltage divider, in which the value of all resistances of the input device is determined by conditions of invariance to the squares of the voltage and load current, and the partially distributed auxiliary shunt is calculated with additional weighting factors to provide the conditions for invariance of the squared of voltage and current and eliminate the error from its own revives.*

*Features of the construction of the input link of the wattmeter of transfer power with additional measurement of shunt voltage are given in the article (fig. 2). Active power with taking into account the influence of the shunt reactive component calculation formulas (7)-(14) is presented.*

*The basic error of the wattmeter is the error of the low-ohm shunt. It is expedient to use coaxial or triaxial shunts to extend the frequency range. Transfer power wattmeter input link, which contains additional measurement of shunt voltage simulations was performed in the article (fig. 3 and table 1).*

*The advantages of such wattmeter are:*

- possibility to expand the frequency range by taking into account shunt resistance reactive component influence on the measurement final result, which can be achieved not only by hardware (shunt inductance reduction), but also the introduction of the calculated correction after measuring the values of the shunt active and reactive component;
- the values of the input device elements can be optimized by the criterion of maximum broadband, since the error from own consumption is taken into account;

- in the scheme one low-level shunt is used, which reduces the cost of the wattmeter;
- additive errors of the voltage conversion channel are minimized.

**Ключові слова:** вимірювання потужності, активна потужність, радіочастотний діапазон, фазовий зсув, корекція похибок власного споживання, втрати, шунт.

**Keywords:** power measurement, active power, radio frequency range, phase noise, correction of own consumption errors, losses, shunt.

**Д**ослідження покликане створити простий метрологічний інструмент для вимірювання активної потужності за великих реактивних складових навантаження у радіочастотному діапазоні шляхом вимірювання діючих значень напруг.



А. Вдовиченко



Ю. Туз

УДК621.39

# МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД У СИСТЕМАХ ПЕРЕДАВАННЯ З ОРТОГОНАЛЬНИМИ ГАРМОНІЧНИМИ СИГНАЛАМИ

**Method of estimation of interference noise  
in transmission systems  
with orthogonal harmonic signals**

**Л. Ляховецький**, кандидат технічних наук,  
заступник директора з наукової роботи,  
Державне підприємство «Одеський науково-дослідний  
інститут зв'язку»  
Email: lm@oniis.org.ua

**L. Lyakhovetsky**, candidate of technical sciences,  
deputy director of scientific work,  
State Enterprise «Odessa Scientific Research Institute  
of Communication»  
Email: lm@oniis.org.ua

*Запропоновано метод оцінювання інтерференційних завад, що виникають у системах передавання з ортогональними гармонічними сигналами внаслідок лінійних спотворень сигналів у каналі зв'язку. Метод може використовуватися як для моделювання телекомунікаційних систем, так і для побудови вимірвальних приладів з функцією оцінювання інтерференційних завад на основі результатів вимірювання характеристик каналу зв'язку. Представлено результати оцінювання інтерференційних завад для системи передавання абонентського доступу ADSL2+.*

*The method of estimation of interference noise that arises in transmission systems with orthogonal harmonic signals due to linear distortions of signals in the telecommunication channel is proposed. The method can be used both for simulation of telecommunication systems, and for the construction of measuring devices with the function of estimation of interference noise based on the results of measuring the characteristics of the telecommunication channel. The results of estimation of interference noise for ADSL2 + subscriber access transmission system are presented.*

**Ключові слова:** система передавання, ортогональні гармонічні сигнали, OFDM, моделювання телекомунікаційних систем, інтерференційні завади.  
**Keywords:** transmission system, orthogonal harmonic signals, OFDM, modeling of telecommunication systems, interference noise.

Останніми роками метод передавання даних із застосуванням ортогональних гармонічних сигналів (закордонний аналог — OFDM) отримав надзвичайно широке поширення — він використовується як у провідних, так і у радіотехнологіях широкопasmового доступу (ШД) [1, 2]. Wi-Fi, WiMax, LTE, ADSL, VDSL, G.fast, BPL — це далеко неповний перелік технологій ШД, що застосовують метод передавання OFDM. Причина такої популярності OFDM полягає у широких можливостях адаптації до швидкозмінних у часі характеристик середовища поширення сигналів, до яких і належать канали зв'язку мереж ШД [2, 3].

Одним із основних факторів, що обмежують ефективність застосування систем передавання з ортогональними гармонічними сигналами (СП ОГС), є інтерференційні завади, що виникають внаслідок частотних спотворень сигналів у каналі зв'язку. Очевидно, що для успішного розв'язання задач, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією мереж доступу, побудованих на основі СП ОГС, необхідно володіти методами оцінювання ефективності СП ОГС, що функціонують на реальних каналах зв'язку. Для цього, у свою чергу, необхідно розробити метод, що дозволяє оцінювати інтерференційні завади як один із факторів, що визначає такі ключові параметри ефективності систем передавання, як швидкість та дальність передавання.

З іншого боку, метод оцінювання інтерференційних завад у СП ОГС може стати основою вимірального приладу, призначенням якого було би вимірювання частотних характеристик каналу зв'язку та розрахунок інтерференційних завад на основі



УДК 531.7.08

# НАУКОВІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

## Scientific Basis of Distance Determination Between Objects by the Computerized Systems of Mechanical Quantities Measurement

**В. Квасніков**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, Національний авіаційний університет, м. Київ, E-mail kvr@nau.edu.ua

**А. Дуднік**, кандидат технічних наук, доцент кафедри мережевих та інтернет технологій, Київський національний університет ім. Т. Шевченка, м. Київ, E-mail a.s.dudnik@gmail.com

**V. Kvasnikov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Computerized Electrical Systems and Technologies Department, National Aviation University, Kyiv, Ukraine E-mail kvr@nau.edu.ua

**A. Dudnik**, candidate of technical sciences, Associate Professor of Network and Internet Technologies Department, Kyiv National University named after. T. Shevchenko, E-mail a.s.dudnik@gmail.com

Побудовано структурну схему вимірювального пристрою безпроводної сенсорної мережі. Запропоновано математичну модель визначення координат у такій мережі. Уведено ряд визначень, що характеризують процес встановлення поточного стану вузла сенсорної мережі. Визначено критерії класифікації алгоритмів локалізації. Проведено дослідження математичної моделі, мета яких – пошук нових альтернативних методів визначення відстані між об'єктами. У результаті запропоновано, окрім класичних засобів вимірювання механічних величин, використовувати функції локалізації об'єктів безпроводних сенсорних мереж; оцінено похибку локалізації вузлів сенсорної мережі. Дані експерименту з моделлю сенсорної мережі дозволили проаналізувати можливі шляхи зниження похибки локалізації у подальших дослідженнях.

Nowadays, wireless technologies are increasingly used in information measuring systems. The article will describe the concept of using wireless sensor networks (WSN) as a computerized system for measuring mechanical quantities, namely, the distance (object localization). Wireless sensor networks consist of a large number of sensory nodes that are used to control a particular area. This type of network has become popular due to its application, which includes several areas, such as environmental, medical, industrial, household, agricultural and meteorological.

In this article it is proposed to consider sensor networks as a kind of computerized systems

for measuring mechanical quantities, for example, measuring the distance between objects and analyzing the measurement error. It is proposed to describe the mathematical model of this problem, as well as formulate the basic definitions of system elements.

In this work a structural diagram of the measuring device of a wireless sensor network, consisting of a sensor, a microcontroller, a power element and a transceiver was constructed. The mathematical model of determination of coordinates in a wireless sensor network is proposed, which includes the distance between adjacent nodes, the number of sensor nodes forming the system of equations and the distribution function. A number of definitions have been introduced that characterize the process of establishing the current state of the node of the sensor network, namely: Defined nodes, Anchor nodes, Units of additional information, Localization problem. The criteria for classification of localization algorithms are defined, namely: data identification, data correlation, node addressing, network management, geographic algorithms. A study of a mathematical model was conducted. The purpose of these studies was to find new alternative methods for determining the distance between objects, which, in addition to the classical means of measuring mechanical quantities, was proposed to use the function of localization of objects of wireless sensor networks. As a result of the research, the error of the localization of the nodes of the sensor network was estimated. The experiment data with the model of the sensor network made it possible to analyze the possible ways to reduce the localization error in further research.

**Ключові слова:** безпроводна сенсорна мережа, вузол, якір, похибка, локалізація.

**Keywords:** wireless sensor network, node, anchor, error, localization.

Сьогодні безпроводні технології усе частіше використовуються в інформаційних вимірювальних системах. У цій статті описано концепцію застосування безпроводних сенсорних мереж (БСМ) як комп'ютеризованої системи вимірювання механічних



В. Квасніков



А. Дуднік

УДК 536.6

# РОЗШИРЕННЯ ДІАПАЗОНУ ВІДТВОРЕННЯ ОДИНИЦІ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ ЗА КОНДУКТИВНОГО ПІДВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ

## Expansion of the Range of Refrigeration of the Surface Heat Flow Unit Under Conductive Energy Produce

**С. Ковтун**, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник,  
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ,  
E-mail: teplomer@ukr.net

**S. Kovtun**, Doctor of Philosophy (PhD), Senior Researcher,  
Institute of Engineering Thermophysics  
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv,  
E-mail: teplomer@ukr.net

*Наведено результати досліджень факторів, які впливають на точність відтворення одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку за кондуктивного підведення енергії. Отримано математичну модель методу відтворення одиниці вимірювання, в якій ураховано вплив джерел невизначеності внесенням відповідних поправок. Обґрунтовано можливість розширення нижньої межі динамічного діапазону шляхом корекції факторів, що мають найбільший вплив.*

*The mathematical model of the method of reproduction of the unit of measurement was obtained, which takes into account the influence of the sources of uncertainty by making the corresponding corrections. The possibility of extending the lower boundary of the dynamic range by the correction of the factors having the greatest influence is substantiated. The rationale is based on the estimation of the uncertainty of the individual components, which, in the course of the correction of their impact, should not exceed the values (achieved to date).*

*The article presents the results of investigations of factors that influence the accuracy of reproduction of the unit of measurement of the surface density of the heat flow by conductivity. Components of the uncertainty of the surface heat flux density measurement were analyzed using the Ishikawa cause-and-effect diagram, as shown in Fig. 1*

*As an example, the calculation of the total uncertainty in the reproduction of the heat flux density of 20 W·m<sup>-2</sup> is given. Table 1 contains all data important for the uncertainty analysis such as input quantities, their estimated values as well as the associated sensitivity coefficients and the variances determined.*

**Ключові слова:** точність відтворення, одиниці вимірювання, поверхнева густина, тепловий потік, енергія, математична модель методу, джерело невизначеності, динамічний діапазон.

**Keywords:** reproduction accuracy, unit of measurement, surface density, heat flux, energy, mathematical model of the method, source of uncertainty, dynamic range.

**В**ирішення багатьох теплофізичних задач тісно пов'язано з вимірюваннями поверхневої густини теплового потоку. Галузі, для яких це актуально, дуже різноманітні: від медичних досліджень теплового стану організмів до оцінки теплового навантаження об'єктів в енергетиці [1—5]. Така багатовекторність застосування цього виду вимірювань зумовила широкий динамічний діапазон вимірюваних значень: від 1 до 10<sup>6</sup> Вт / м<sup>2</sup>.

Останніми роками, для реалізації вимірювання поверхневої густини теплового потоку, на ринку країни з'явилися різні сенсори. Тому питання метрологічного забезпечення відповідних засобів сьогодні є дуже гострим.

Для дослідження контактних засобів вимірювання створено метрологічний комплекс, який відтворює значення одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку в діапазоні від 100 до 20000 Вт / м<sup>2</sup> за температури від 300 до 473 К з розширеною невизначеністю  $U = 0,6 \%$  за коефіцієнта охоплення  $K = 2$  та довірчої ймовірності  $P = 0,95$ . Принцип дії такого метрологічного комплексу полягає в тому, що тепловий потік створюється за допомогою електричного нагрівника, рівномірно розподіленого за заданою площею. За допомогою системи захисних екранів з регульованою температурою і компенсаційного адіабатного нагрівника формується рівномірно розподілений тепловий потік, що проходить у напрямку від нагрівника





УДК 629.783: 656.254

# ОЦІНКА ПОХИБОК ДИНАМІЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

## Estimation of Dynamical Neuron Nets' Errors for Measuring Systems

**Лейт Ахмед Мустафа Аль Равашдек**, аспірант,  
**І. Руженцев**, доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри метрології та технічної експертизи,  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки

Leit Akhmed Mustafa Al Ravashdek, postgraduate,  
Ruzhentsev I., doctor of technical sciences, professor,  
head of the department of metrology and technical  
expertise,  
Kharkiv national university of radio electronics

*Розглянуто задачу визначення похибок у вимірювальних системах з нейронними мережами. Використано класичну модель нейрона, яка містить адаптивний суматор та нелінійний перетворювач, причому виходи одних нейронів є входами для інших. У такий спосіб, знайшовши похибку одного нейрона, можна потім знайти похибку мережі у цілому. Встановлено, що приведена похибка вимірювання зменшується зі збільшенням кількості некерованих станів, що вимірюються.*

*In the work based on the analysis of application of satellite navigation systems for determining position of moving traffic objects is proposed during the processing of the digital measurement data using artificial neural network. To perform modeling of nonlinear dynamic systems, it is suggested to use recurrent network architectures and a learning algorithm based on the theory of Kalman filters.*

**Ключові слова:** параметри рухомих об'єктів, нейромережне моделювання, динамічні системи, навчання нейронних мереж, точність вимірювань, приведена похибка, фільтр Калмана, аналіз похибки класичного нейрона, суматор, нелінійний перетворювач, супутникова навігація

**Keywords:** moving objects parameters, neuron net simulation, dynamical systems, neuron net learning, measurement accuracy, reduced error, Kalman filter, analysis of classical neuron error, summator, nonlinear transformer, satellite navigation.

У вимірювальній системі важливою є задача визначення параметрів сигналу з тим, щоби знайти похибку. У нейронних мережах класична модель нейрона включає адаптивний суматор та нелінійний перетворювач. Вихід одних нейронів є входом для інших. Тоді, знаючи похибку одного нейрона, можна визначити похибку всієї мережі [1—3].

Стаття присвячена дослідженню похибок у вимірювальних системах, побудованих із застосуванням динамічних нейронних мереж. Для цього треба розглянути метод оцінки похибки вихідного сигналу стандартного нейрона за відомими похибками його вхідних сигналів. Похибку оцінюватимемо в термінах середньоквадратичного відхилення. Необхідно також запропонувати метод для виконання оцінки похибки вихідних сигналів нейронних мереж прямого поширення і рекурентних нейронних мереж, відповідно. Запропонований метод дозволить теоретично обґрунтувати можливість забезпечення заданої похибки вихідних сигналів мережі за відомих похибок вхідних сигналів, а також виконати оцінку похибок у процесі функціонування нейронної мережі.

У вимірювальних системах, у тому числі тих, що використовують нейронні мережі, першочерговою є задача визначення похибок вимірюваних сигналів. Не менш важливою проблемою є теоретичне обґрунтування коректності роботи системи і можливості досягнення необхідного рівня точності.



Лейт Ахмед  
Мустафа Аль  
Равашдек



І. Руженцев

УДК 531.2:62-187.4

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭТАЛОННОЙ СИЛОВОСПРОИЗВОДЯЩЕЙ МАШИНЫ ОСМ2-100-5

## Investigation of Lever Amplification of Force Standard Machine OSM2-100-5

**Г. Леонов**, ведущий инженер,  
**А. Демченко**, начальник отдела,  
**А. Ципоренко**, начальник лаборатории,  
ГП «Укрметртестстандарт», г. Киев,  
e-mail: sila@ukrcsm.kiev.ua

Leonov G., leading engineer,  
Demchenko A., head of department,  
Tsiporenko O., head of laboratory,  
SE «Ukrmetrteststandart», Kiev,  
e-mail: sila@ukrcsm.kiev.ua

*Представлено результаты исследований метрологических характеристик эталонной силовоспроизводящей машины ОСМ2-100-5 и международных сличений воспроизводимых значений силы силовоспроизводящими установками.*

*The results of studies of metrological characteristics of the reference silo-reproducing machine OSM2-100-5 and international comparisons of reproducible values of force by power-reproducing installations are presented.*

**Ключевые слова:** эталон единицы силы, точность воспроизведения, установка непосредственного нагружения, силовоспроизводящая машина, метрологические характеристики.

**Keywords:** standard unit of force, accuracy of reproduction, installation of direct loading, power-reproducing machine, metrological characteristics.

**В** современной метрологической практике высшая точность воспроизведения единицы силы обеспечивается установками непосредственного нагружения, расширенная относительная неопределённость которых на уровне национальных эталонов может не превышать 0,001 %.

Также в качестве национальных эталонов единицы силы применяются силовоспроизводящие машины рычажного типа. Благодаря применению неравноплечных рычагов собственные габариты и масса таких машин многократно меньше, чем установок непосредственного нагружения для аналогичных значений воспроизводимых усилий, что способствует широкому применению таких машин. Относительная расширенная неопределённость рычажных машин может составлять от 0,01 до 0,05 % [1].

Схема силовоспроизводящей машины рычажного типа (машины) представлена на рис. 1, а общий вид машины ОСМ2-100-5 с верхним пределом воспроизводимой силы 1 МН — на рис. 2.

Габариты такой машины в мм составляют 5365x1500x7110, а расчётная масса — 18826 кг.

На рис. 1 показаны составные части машины:

- I — измерительный неравноплечный рычаг первого рода, на котором имеется передвижной противовес 1, указатель 7 равновесия рычага и три призмы: 9 — опорная, 8 и 10 — грузоприёмные;
- II — рабочая часть: состоит из верхнего захвата 2, подвешенного к призме 10 короткого плеча рычага, и механического привода 4, уравнивающего рычажную систему через калибруемый динамометр 3;



Г. Леонов



А. Демченко



А. Ципоренко

УДК 621.317

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ПИРОМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

**Features of the Application  
of Radiation Pyrometers,  
which Influence  
on the Accuracy of Measurement**

**Г. Черепашук**, кандидат технических наук,  
профессор кафедры авиационных приборов и измерений,  
E-mail: cherepaschuk@bigmir.net

**Е. Калашников**, кандидат технических наук,  
доцент кафедры,  
E-mail: y.kalashnikov@khai.edu

**В. Сироклын**, кандидат технических наук,  
доцент кафедры,  
E-mail: v.siroklyn@khai.edu

**О. Гопций**, бакалавр,  
E-mail: goptsii.olha@gmail.com  
Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

**G. Cherepaschuk**, PhD, Professor of Aviation Devices and  
Measuring Department,  
E-mail: cherepaschuk@bigmir.net

**E. Kalashnikov**, PhD, Associate Professor of Department,  
E-mail: y.kalashnikov@khai.edu

**V. Siroklyn**, PhD, Associate Professor of Department,  
E-mail: v.siroklyn@khai.edu

**O. Goptsiy**, Bachelor,  
E-mail: goptsii.olha@gmail.com  
National Aerospace University named after Zhukovsky  
«Kharkiv Aviation Institute»

*Определены факторы, влияющие на точность проведения измерения температур поверхностей объектов исследований с помощью радиационных пирометров. Оценена суммарная методическая погрешность от одновременного воздействия всех влияющих факторов. Систематизированы способы уменьшения методической погрешности путем снижения степени воздействия влияющих факторов на точность проведения измерений.*

**Ключевые слова:** радиационный пирометр, влияющий фактор, коэффициент излучения, точность измерения, методическая погрешность.  
**Keywords:** radiation pyrometers, influencing factors, radiation coefficient, methodical error, measurement accuracy.

*The factors influencing the accuracy of measuring the temperatures of the surfaces of research objects by radiation pyrometers are determined. The total methodical error from simultaneous influence of all influencing factors is estimated. Methods for reducing the methodical error by reducing the degree of influence of the relevant factors on the accuracy of the measurements are proposed.*

**Б**есконтактное измерение температуры поверхности различных труднодоступных и движущихся объектов по их электромагнитному излучению стало неотъемлемой частью многих современных технологических процессов на предприятиях различных производств, а также нашло широкое применение в быту. Устройства для бесконтактного измерения температуры поверхности объекта называются пирометрами. Работа пирометров основана на измерении параметров электромагнитной энергии, излучаемой телом и перемещающейся в пространстве, интенсивность и спектр излучения которой зависят от температуры тела. По принципу действия они делятся на пирометры полного излучения, частичного излучения и спектрального отношения [1]. К наиболее распространенным можно отнести пирометры полного излучения (инфракрасные или радиационные пирометры).

Принцип работы инфракрасных пирометров основан на использовании зависимости интегральной энергетической яркости электромагнитного излучения исследуемого объекта от его температуры в инфракрасном и видимом диапазонах спектра. Инфракрасные пирометры градуируются по излучательной способности абсолютно черного тела и определяют радиационную температуру, которая обычно ниже физической, поскольку она зависит от излучательной способности объекта исследований [1].

Основным элементом радиационного пирометра является инфракрасный датчик, преобразующий воздействующее на него тепловое инфракрасное излучение в электрический сигнал, пропорциональный яркости электромагнитного излучения, а следовательно, и температуре исследуемого объекта. Устройство инфракрасного датчика приведено на рис. 1.

УДК 677.017

# УДОСКОНАЛЕННЯ АКУСТИЧНОГО БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СКЛАДНОЮ ВНУТРІШНЬОЮ СТРУКТУРОЮ

**Improvement of Acoustic  
Non-Contact Control of Materials  
with Complex Internal Structure**

**А. Зенкін**, доктор технічних наук,  
професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та вимірювальної техніки,  
E-mail: knutd@knutd.edu.ua  
**В. Здоренко**, доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри,  
E-mail: alzd@meta.ua  
**С. Барилко**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри,  
E-mail: ellen4ik@ukr.net  
**С. Лісовець**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри,  
E-mail: ser.lis.290171@gmail.com  
Київський національний університет технологій та дизайну

**A. Zenkin**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the  
Department of Computer-Integrated Technologies and  
Measuring Instruments,  
E-mail: knutd@knutd.edu.ua  
**V. Zdorenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department,  
E-mail: alzd@meta.ua  
**S. Barilko**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
E-mail: ellen4ik@ukr.net  
**S. Lisovets**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
E-mail: ser.lis.290171@gmail.com  
Kyiv National University of Technology and Design

*Розглянуто можливість визначення (оцінювання) товщини прошарку (дефекту) в матеріалах зі складною внутрішньою структурою шляхом застосування акустичного безконтактного контролю на основі виміреного значення фазового зсуву між пакетами акустичних коливань, які відбулися від «еталонного» матеріалу без прошарку (дефекту) і від «прошаркового» матеріалу з прошарком (дефектом). Запропоноване вдосконалення акустичного безконтактного контролю може бути корисним також під час контролю властивостей текстильних матеріалів.*

*In article the possibility of definition (assessment) of thickness of a layer (defect) in materials with complex internal structure is considered. It is reached by application of acoustic non-contact control on the basis of the measured value of phase shift between packages of acoustic vibrations which were reflected from «reference» material without layer (defect) and from «inter-*

*layer» material with a layer (defect). Control of «reference» material is shown in fig. 1. As it is possible to see, the coefficient of reflection of a package of acoustic vibrations in this case is defined by a formula (1). Control of «interlayer» material is shown in fig. 2. As it is also possible to see, the coefficient of reflection of a package of acoustic vibrations in this case is defined by a formula (9). Other value of coefficient of reflection is connected with additional interaction of a package of acoustic vibrations and a layer (defect). As these two coefficients of reflection have different values, between them there is a phase shift determined by a formula (18). Having values of all known parameters of material with complex internal structure, except thickness of a layer (defect), using a formula (18) and other formulas accompanying her, it is possible to define or at least to estimate thickness of a layer (defect). The offered improvement of acoustic non-contact control can be useful also at control of properties of textile materials.*

**Ключові слова:** дефект, коливання, композит, пакет, переплетення, прошарок, текстиль, тракт.  
**Keywords:** defect, oscillation, composite, packet, interlacing, interlayer, textile, path.

**Н**а сьогодні існує достатньо багато різних промислових виробів, до складу яких входять матеріали зі складною внутрішньою структурою. Класичний приклад таких матеріалів — це так звані композити. До них можна віднести волокнисті, шаруваті, дисперснозміцнені та інші види композитів. Наприклад, композитним матеріалом є звичайна клеєна фанера. Зазвичай композити складаються

із гнучкої основи (матриці), армованої наповнювачами. Варіюючи властивості гнучкої основи (матриці) і наповнювачів, можна отримувати широкий спектр матеріалів із потрібним набором властивостей.

Певним чином до матеріалів зі складною внутрішньою структурою можна віднести і текстильні матеріали — це, зокрема, тканини і трикотаж. Складність внутрішньої структури таких матеріалів пояснюється

УДК 681.2.08:53.088; 620.179.14

# ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

## Use of the Fuzzy-Logic for Control of Accuracy and Increase of Production Quality

**І. Григоренко**, кандидат технічних наук,  
професор кафедри інформаційно-вимірювальних  
технологій і систем,

E-mail: grigmaestro@gmail.com

**С. Григоренко**, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри комп'ютерних і радіоелектронних  
систем контролю та діагностики,

E-mail: sngloba@gmail.com

**Є. Безбородий**, магістр кафедри інформаційно-  
вимірювальних технологій і систем,

E-mail: monohrom123@gmail.com

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,

**І. Hrihorenko**, candidate of technical sciences,  
Professor Department of Information-Measuring  
Technologies and Systems,

E-mail: grigmaestro@gmail.com

**S. Hrihorenko**, candidate of technical sciences,  
Associate Professor of the Department of Computer and  
Radioelectronic Systems for Control and Diagnostics,

E-mail: sngloba@gmail.com

**E. Bezborodiy**, master of the Department of Information-  
Measuring Technologies and Systems,

E-mail: monohrom123@gmail.com

National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»

*Розглянуто вирішення науково-практичного завдання контролю точності параметрів технологічного процесу виготовлення кефіру та підвищення його якості за допомогою створення евристичного аналізатора на базі інтерфейсу користувача системи fuzzy logic.*

*Проаналізовано фактори, що впливають на точність роботи цифрового вимірювача, доведено можливість застосування апарату fuzzy logic для визначення таких параметрів технологічного процесу, які забезпечують максимальну якість продукції. Проведено комп'ютерне моделювання, яке підтвердило, що створення евристичного аналізатора для визначення якості кефіру доцільно та необхідно для того, щоб не допустити виробництва неякісної продукції через визначення етапу виробництва, на якому відбувається відхилення технології, та своєчасно усунути порушення.*

*The paper deals with the solution of the scientific and practical task of controlling the accuracy of the parameters of the process of making kefir and improving its quality by creating a heuristic analyzer based on the user interface of the fuzzy logic system.*

*The factors influencing the accuracy of the operation of the digital meter are analyzed, the possibility of using the fuzzy logic apparatus has been proved to determine the parameters of the technological process that ensure the maximum quality of the product. Computer simulation was carried out, which confirmed that the creation of a heuristic analyzer for determining the quality of yogurt is appropriate and necessary in order to prevent the production of low-quality products through the definition of the stage of production on which there is a deviation of the technology and timely eliminate the violation.*

**Ключові слова:** вимірювач, похибка, нечітка логіка, евристичний аналізатор, точність, контроль.

**Keywords:** meter, error, fuzzy-logic, heuristic analyzer, accuracy, control.

**З**важаючи на євроінтеграцію України, якість продукції, що випускається, стає на перше місце для забезпечення потрібної конкурентної здатності. Для отримання якісної продукції головне — це контроль основних параметрів технологічного процесу.

Аби показати, як використання нечіткої логіки надає можливості контролювати параметри технологічного процесу будь-якого виробництва та тим самим підвищувати якість продукції, що випускається, оберемо як приклад технологічний процес виготовлення кефіру. В процесі виготовлення кефіру потрібно контролювати такі параметри технологічного процесу: температуру, тиск, густину молока та кислотність кефіру.



І. Григоренко



С. Григоренко



Є. Безбородий

УДК 620.175:658.3-05

# СХЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ДЕЙСТВУЮЩАЯ В СТРАНАХ СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ

## Scheme for Certification of Non-Destructive Testing Personnel, Operating in the Nordic Countries

**Н. Хорло**, директор Аттестационного центра специалистов неразрушающего контроля, ЧАО «Производственно-техническое предприятие «Укрэнергочермет», г. Харьков  
e-mail: khorlonf@uechm.com

**N. Khorlo**, Head of Examination Center for Nondestructive Testing, Private Joint Stock Company «Ukrenergochermet», Kharkov  
e-mail: khorlonf@uechm.com

*Выполнен анализ нормативного документа DOC GEN 010, регламентирующего порядок проведения квалификационных экзаменов и процедуру сертификации персонала, выполняющего промышленный неразрушающий контроль в странах Северной Европы. Документ разработан организацией NORDTEST, являющейся единым органом Северных Стран в области оценки соответствия. Рассмотренный документ, устанавливает дополнительные требования к подготовке, содержанию и проведению квалификационных экзаменов и процедуре сертификации в целом по отношению к действующему международному стандарту ISO 9712, что обеспечивает единый квалификационный уровень персонала по НК, который признается, а в некоторых случаях и регламентируется государственными органами и потребителями услуг НК в странах Северной Европы.*

*The analysis of the normative document DOC GEN 010, which is regulating the procedure for conducting qualification examinations and the procedure for certification of personnel performing industrial non-destructive testing in the Nordic countries, has been performed. The document was developed by the organization NORDTEST, which is the single organ of the Nordic countries in the field of conformity assessment. The considered document establishes additional requirements for the preparation, content and procedure for conducting qualification examinations and the certification procedure in general, in relation to the current international standard ISO 9712. The scheme provides the qualification level of NDT personnel, which is recognized, and in some cases is regulated by state bodies and consumers of NDT services in Nordic countries.*

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, НК, сертификация персонала в области НК, орган по сертификации персонала, подготовка по НК, квалификационный экзамен, экзаменационные правила, ENISO 9712/NORDTESTSCHEME.

**Keywords:** Non-destructive testing, NDT, certification of NDT personnel, certification body, NDT training, qualification examination, examination rules, EN ISO 9712/NORDTEST SCHEME.

**В** 2012 году в Европейском Союзе принят стандарт Международной организации по стандартизации ISO 9712, и в настоящее время страны ЕС осуществляют процедуру сертификации персонала, выполняющего промышленный неразрушающий контроль (НК) в добровольной сфере, в соответствии со стандартом EN ISO 9712 [1]. В Украине этот нормативный документ принят в качестве национального стандарта ДСТУ EN ISO 9712:2014 в соответствии с приказом Минэкономразвития Украины № 1494 от 30.12.2014.

В связи с наличием в нормативно-правовом поле технического регулирования Украины современного международного стандарта ISO 9712 в среде специалистов, профессионально занимающихся сертификацией персонала в области НК, возникла дискуссия о том, нужны ли на сегодня нормативные документы более «низкого» уровня, т.е. ведомственные или отраслевые стандарты и правила, регламентирующие процедуры сертификации. Для ответа на этот вопрос было бы уместным изучение зарубежного опыта применения стандартов EN 473 / ISO 9712, в том числе и в странах Европейского Союза. В качестве такого примера далее будет выполнен анализ документа DOC GEN 010 [2], являющийся схемой сертификации персонала НК, принятой в странах Северной Европы, и основанный на требованиях



## ДО 60-РІЧЧЯ ОЛЕГА МИКОЛАЙОВИЧА ВЕЛИЧКА

**12** червня виповнилося 60 років від дня народження доктору технічних наук, професору, директору Науково-виробничого інституту метрологічного забезпечення вимірювань електромагнітних величин ДП «Укрметрестандарт», Заслуженому діячу науки і техніки України, Заслуженому метрологу *COOMET*, академіку Міжнародної Академії стандартизації **Олегу Миколайовичу ВЕЛИЧКУ**.

Майже увесь трудовий шлях Олега Миколайовича пов'язаний з діяльністю у сфері метрології та технічного регулювання: інженерною, керівною, науковою. З 1980 року він інженер науково-дослідного відділу, а згодом старший науковий співробітник СКБ «Меридіан» Київського НДІ радіовиміральної апаратури ВО ім. С.П. Корольова. З 1992 року працює в Держстандарті України: начальником відділу Українського НДІ стандартизації, сертифікації та інформатики, а згодом заступником Голови з питань метрології, стає ініціатором й активним учасником розроблення і впровадження у виробництво цілої низки законодавчих, нормативно-правових, організаційно-методичних документів з питань метрології. З 2003 року О.М. Величко — директор Науково-виробничого інституту вимірювань електромагнітних величин та оцінки відповідності засобів виміральної техніки ДП «Укрметрестандарт». Саме на цій посаді найбільш виразно розкрився його яскравий талант керівника і науковця.

Олег Миколайович вніс вагомий вклад у розвиток вітчизняної науки: створив і очолює наукову школу з розроблення науково-методичних основ і створення технічних засобів метрологічного забезпечення електромагнітних вимірювань та впровадження інформаційних технологій в метрології; брав участь у створенні державних первинних еталонів одиниць електромагнітних величин, які віднесені до об'єктів, що становлять національне надбання. У 2006 році він був ініціатором започаткування проведення в Україні нового виду метрологічних робіт — атестації та випробування програмного забезпечення засобів виміральної техніки; з 2007 року є керівником щорічних науково-дослідних робіт щодо звірення державних еталонів, які зберігаються в ДП «Укрметрестандарт».

Під його керівництвом організовано проведення 10-ти ключових і додаткових звірень *COOMET* і *EURAMET* державних еталонів одиниць електромагнітних величин, які зберігаються в ДП «Укрметрестандарт». У 2008–2016 роках О.М. Величком підготовлено й успішно пройдено міжрегіональну експертизу 38 рядків таблиць калібрувальних і вимірвальних можливостей (СМС) України (ДП «Укрметрестандарт») у галузі електрики і магнетизму, які опубліковано на сайті Міжнародного бюро з мір та вагів (*BIPM*) у спеціальній базі даних ключових звірень (*KCDB BIPM*). Це дозволило отримати міжнародне визнання 7-ми державних еталонів одиниць електричних величин, які зберігаються в ДП «Укрметрестандарт». Олег Миколайович є технічним експертом регіональної метрологічної організації (РМО) *COOMET* у галузі електрики і магнетизму та ТК 85 «Вимірювальне обладнання для електричних і магнітних величин» Міжнародної електротехнічної комісії (*IEC*); у 2009–2016 роках ним здійснено міжрегіональні експертизи СМС-таблиць країн, які є членами РМО *EURAMET*, *APMP*, *SIM*.

У 2011 році він започаткував розроблення організаційно-технічних систем дистанційного калібрування засобів виміральної техніки у галузі вимірювання електромагнітних величин. Під його керівництвом створено 4 такі системи, які пройшли практичну апробацію, зокрема, на великих дистанціях (канали Київ–Торонто (Канада), Київ–Маніла (Філіппіни), Київ–Томськ (Російська Федерація), Київ–Ерланген (Німеччина), Київ–Одеса).

О.М. Величко — член двох спеціалізованих вчених рад із захисту докторських і кандидатських дисертацій за спеціальністю «Стандартизація, сертифікація і метрологічне забезпечення» та редколегій науково-технічних журналів «Український метрологічний журнал» і «Метрологія та прилади»; керівник декількох кандидатських дисертаційних робіт. З 2005 року є членом від України ТК 1.3 *COOMET* «Електрика та магнетизм»; з 2006 року очолює національний ТК 90 «Засоби вимірювання електричних і магнітних величин»; з 2015 року — підкомітет ПК-06 «Метрологія» ТК з акредитації Національного агентства України з акредитації.

У різні роки був членом науково-технічних комітетів з метрології при Держстандарті України та Мінекономрозвитку України, Вищій експертній раді Міннауки України; заступником голови Державної комісії та керівником Державної програми зі створення та розвитку Державної служби єдиного часу та еталонних частот України; членом Державних міжвідомчих комісій з виробництва і впровадження приладів обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів та з питань впровадження електронних систем і засобів контролю та управління товарним і грошовим обігом; членом Комітету *COOMET* від України. Брав участь у складі офіційних делегацій від України в 12-й Міжнародній конференції законодавчої метрології (*OIML*); 23-й Генеральній конференції з мір та вагів (*CGPM*); низці засідань Науково-технічної комісії з метрології (НТКМетр) Міждержавної ради з питань стандартизації, метрології та сертифікації, у спеціальній програмі ділових стажувань у США *SABIT* «Стандарти для інформаційних технологій». Ним підготовлено до друку понад 60-ти монографій, підручників і навчальних посібників з питань метрології, технічного регулювання та стандартизації; понад 220-ти статей у фахових журналах; понад 110-ти доповідей на міжнародних конгресах, симпозиумах, конференціях, семінарах. Він є автором (співавтором) понад 520 наукових праць, у тому числі 25-ти винаходів; у науково-метричних базах даних *Web of Science* та *Scopus* має понад 60 наукових праць.

Біографію О. М. Величка включено до 10—12 видань «Хто є хто у науці і техніці» («*Who's Who in Science and Engineering*», *Marquis*, 2008–2016), а також до 26–33 видань «Хто є хто у світі» («*Who's Who in the World*», *Marquis*, 2009–2016), опублікованих у США.

Держава та міжнародні метрологічні організації високо оцінили внесок Олега Миколайовича Величка у розвиток метрології. Він нагороджений нагрудним знаком Держстандарту України «За заслуги в стандартизації, метрології, сертифікації та акредитації», Почесним знаком Міждержавної ради з питань стандартизації, метрології та сертифікації «За заслуги», Почесною грамотою Кабінету Міністрів України, Грамотою Верховної Ради України; йому присвоєні почесні звання «Заслужений діяч науки і техніки України» та «Заслужений метролог *COOMET*».

Друзі, колеги, співробітники, увесь склад ДП «Укрметрестандарт», редакція та редколегія журналу «Метрологія та прилади» щиро вітають шановного **Олега Миколайовича Величка** з ювілеєм! Зичать йому міцного здоров'я, активної творчої наснаги та довголіття, частя, благополуччя, вдячних, вірних та надійних друзів!



УДК 351.821:389.62.1

# ЯК ПІДТВЕРДИТИ ТЕХНІЧНУ КОМПЕТЕНТНІСТЬ ЛАБОРАТОРІЇ І ЧИ ЦЕ НЕОБХІДНО?

**How to confirm the technical  
competence of the laboratory  
and is it necessary?**

**І. Чижик**, начальник науково-технічного відділу  
метрологічного забезпечення вимірювань  
та виробничих процесів  
ДП «Укрметрестандарт»  
E-mail: ukrscsm@ukrscsm.kiev.ua

**I. Chizhik**, head of the scientific and technical  
department of metrological maintenance  
of measurements and production processes,  
of SE «Ukrmetresstandart»  
E-mail: ukrscsm@ukrscsm.kiev.ua

*Діяльність лабораторій за умов нового законодавства  
в галузі метрології та оцінки відповідності.*

*The activities of laboratories under the new legislation in the  
field of metrology and conformity assessment.*

**Ключові слова:** лабораторія, вимірювальні можливості, оцінка відповідності, атестація, уповноваження, акредитація, технічний регламент.  
**Keywords:** laboratory, measuring capabilities, conformity assessment, attestation, authorization, accreditation, technical regulations.

## ДОВІДКА

Законом України від 05.06.2014 за № 1314-VII «Про метрологію та метрологічну діяльність» (надалі — Закон), що вступив в дію з 01.01.2016, проведення атестації вимірювальних лабораторій у державній метрологічній системі не передбачено.

Згідно з Законом до сфери законодавчо регульованої метрології не належить оцінка відповідності продукції, процесів, послуг. Водночас, згідно з частиною 4 статті 7 Закону, повноваження центральних органів виконавчої влади, інших державних органів уповноважувати підприємства та організації, їхні відокремлені підрозділи та фізичних осіб — підприємців на проведення певних вимірювань, не пов'язаних з оцінкою відповідності продукції, процесів та послуг, у сфері законодавчо регульованої метрології визначаються Законом.

*Уповноваження — це дозвільна діяльність. Тому відповідні повноваження повинні бути встановлені Законом, що регламентує певні види діяльності.*

На сьогодні більшість центральних органів виконавчої влади не реалізувало цю норму Закону (окрім Мінагрополітики та Мінфіну). Наразі для певних видів діяльності органи із зазначеного уповноваження відсутні, оскільки відповідні повноваження центральних органів виконавчої влади не визначені у законах.

Зважаючи на наведене вище, для відповіді на питання, «Яким чином можна підтвердити технічну компетентність лабораторії і чи це взагалі необхідно?», пропонуємо таку блок-схему та коментарі до неї.

По-перше, у верхній частині наведеної схеми, так би мовити, не вистачає одного блоку.

