ISSN 2307-2180

Вимірюйте усе доступне вимірюванню й робіть недоступне вимірюванню доступним.

Галілео Галілей

Метрологія та прилади

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**

№ 6(68), 2017

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 «Укрметртестстандарт»),
ТОВ Виробничо-комерційна фірма «Фавор ЛТД»

Видається з березня **2006** року
Рік випуску дванадцятий
Передплатний індекс **92386**

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.
Володарський Є. Т., 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.
Неєжмаков П. І., д. т. н. доц.
Петришин І. С., д. т. н., проф.
Пістун Є. П., д. т. н., проф.
Радєв 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:
Головний редактор Фісун В. П.
Науковий редактор — відповідальний секретар Винокуров Л. І.
Дизайнер-верстальник Зайцев Ю. О.

Журнал **рекомендовано до друку** вченою радою ХНУРЕ (протокол №17 від 20.12.2017)

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 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 29.12.2017.
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», 2017

MEMBERS OF IMEKO TECHNICAL COMMITTEES FROM UKRAINE

Last Name, First Name	Membership AMU	Science degree	Place of work, post
TC1 — Education and Training in Measurement and Instrumentation			
KOSACH Nataliya I.	Academician	DSc	National aerospace university M.E. Zhukovskyi «KhAI», Professor of department «Aviation devices and measuring»
TC3 — Measurement of Force, Mass and Torque			
TSIPORENKO Olexandr V.	Expert	—	SE «Ukrmetrteststandart», Head laboratory of force and torque measurements
TC4 — Measurement of Electrical Quantities			
SURDU Michael M.	Academician	DSc	AMU
TC7 — Measurement Science			
CSHEREPKOV Serhii T.	Academician	PhD	SE «Ukrmetrteststandart», Director Institute of national metrology service of Ukraine
TC8 — Traceability in Metrology			
KUZMENKO Yurii V.	Corresponding member	PhD	SE «Ukrmetrteststandart», Deputy director general
PRONENKO Serhii V.	Corresponding member	—	SE «Ukrmetrteststandart», Head Department of international cooperartion in metrology
TC9 — Flow Measurement			
NEDZELSKYI Sergii D.	Corresponding member	PhD	ENERGOUCHET PrJSC, Chief metrologist
BAS Olexander A.	Corresponding member	PhD	SE «Ivano-Frankivsk Research-and-Production Center for Standardization, Metrology and Certification», Senior Researcher
TC10 — Technical Diagnostics			
SHEVCHENKO Oleksandr I.	Academician	DSc	Main astronomic observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Leading engineer of scientific and technical department
TC12 — Temperature and Thermal Measurements			
HOTS Nataliya E.	Academician	DSc	National University «Lviv Polytechnic», Professor of department «Metrology, Standardization and Certification»
YATSYSHYN Svyatoslav P.	Academician	DSc.	National University «Lviv Polytechnic», Professor of department «Information-measuring technology»
TC13 — Measurements in Biology and Medicine			
SHEVCHENKO Kostyantyn L.	Academician	DSc	National Technical University of Ukraine «Igor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute», Professor of Department of automation of experimental researches
TC20 — Measurements of Energy and Related Quantities			
STETSENKO Andrii A.	Corresponding member	PhD	ENERGOUCHET PrJSC, Director
TC22 — Vibration Measurement			
SAMOYLENKO Olexandr M.	Academician	DSc	SE «Ukrmetrteststandart», Director Institute of dimensional and mechanical measurements
TC24 — Chemical Measurements			
MIKHALIEVA Maryna S.	Expert	PhD	Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, as. prof. of Department of Electromechanics and Electronics

ПОВІРКА ТА КАЛІБРУВАННЯ / **VERIFICATION AND CALIBRATION**

Самойленко О. / Samoylenko O.
Калібрування комбінованих, встановлених на резервуарах систем для вимірювань маси рідин ..... 3 ..... Calibration of the Hybrid, Mounting in the Tanks Systems for Measuring Mass of the Liquid

ВИМІРЮВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ / **MEASUREMENT AND TESTS**

Коробко А. / Korobko A.
Система для вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів ..... 10 ..... The System for Measurement of the Moving Objects Parameters

МІЖЛАБОРАТОРНІ ПОРІВНЯННЯ / **INTER–LABORATORY COMPARISON**

Величко О., Ісаєв В. / Velychko O., Isayev V.
Міжлабораторні порівняння результатів калібрування прецизійного термоперетворювача електричної напруги ..... 14 ..... Interlaboratory Comparisons of Calibration Results of the Precision Electric Voltage ThermoConverter

НОРМАТИВНА БАЗА / **NORMATIVE BASE**

Большаков В., Косач Н. / Bolshakov V., Kosach N.
Сучасна методологія оцінювання відповідності ЗВТ витрати ..... 19 ..... Modern Methodology for Assessing the Compliance of MME Costs

ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ ТА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ / **TRACEABILITY AND UNCERTAINTY**

Рожнов М., Мельник Д., Левбарг О. / Rozhnov M., Melnyk D., Levbarg O.
Метрологічна простежуваність результатів вимірювання вмісту компонентів у газових сумішах ..... 25 ..... Metrological Traceability of Measurements Results for Gas Mixtures Components Content

ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ / **PARAMETERS AND CHARACTERISTICS**

Назаренко Л., Можаровська Т., Гур'єв М. / Nazarenko L., Mozharovska T., Guriev N.
Вплив відбивальних характеристик дорожнього полотна на освітлення за мезопічного діапазону ..... 32 ..... Influence of Reflecting Characteristics of the Road Pavement on Lighting in the Mesopic Range

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ / **TERMS AND DEFINITIONS**

Метрологія. Терміни та означення: сучасне трактування ..... 39 ..... Metrology. Terms and Definitions: Modern Interptetation

ГЕОДЕЗИЧНА МЕТРОЛОГІЯ / **GEODESIC METROLOGY**

Болюх В., Омельченко А., Неежмаков П., Винниченко А. / Bolyukh V., Omel'chenko A., Neegmakov P., Vinnichenko A.
Оценка точности установки якоря индукционно–динамической катапульты на показатели баллистического лазерного гравиметра с симметричным способом измерения ускорения свободного падения ..... 45 ..... Estimating the Accuracy of the Installation of the Induction Dynamic Catapult Anchor on the Performance of a Ballistic Laser Gravimeter with a Symmetrical Method of Measuring the Acceleration Due to Gravity

НАНОМЕТРОЛОГІЯ / **NANOMETROLOGY**

Ковальчук В., Долинская Л., Цуркан А. / Kovalchuk V., Dolinska L., Tsurkan A.
Руководство фоточувствительностью сенсорной гетероструктуры ..... 51 ..... Guide by Photosensitivity of Sensitivity Heterostructure

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ / **MATHEMATICAL MODELING**

Олейник О., Тараненко Ю. / Oliynyk O., Taranenko Yu.
Математическая модель вибрационного уровнемера с резонатором в виде эллиптической трубки ..... 56 ..... Mathematical Model of a Vibrating Level Gauge with a Resonator in the Form of an Elliptical Tube

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ / **INFORMATION SYSTEMS**

Волков С., Кисельова О. / Volkov S., Kiseleva O.
Філософський аспект інформаційного стану штучних систем ..... 62 ..... Philosophical Aspect of the Information Condition of Artificial Systems

ІНФОРМАЦІЯ / **INFORMATION**

Перелік статей, опублікованих у журналі «Метрологія та прилади» в 2017 році ..... 66 ..... List of Articles Published in the Journal «Metrology and Instruments» in 2017

Вимоги до матеріалів, які надаються для опублікування у журналі «Метрологія та прилади» ..... 70 ..... Requirements for materials provided for publication in the journal «Metrology and instruments»

ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ / **TRAINING EXPERTS**

План набору слухачів на 2018 рік ..... 71 ..... State Enterprise for Year 2018

ІНФОРМАЦІЯ ..... 38, 44, 55, 61 ..... **INFORMATION**

УДК 681.2.089:542.3

КАЛІБРУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ, ВСТАНОВЛЕНИХ НА РЕЗЕРВУАРАХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ МАСИ РІДИН

О. Самойленко, доктор технічних наук, професор, директор науково-виробничого інституту геометричних, механічних та віброакустичних вимірювань,
ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ

Викладено методику калібрування на місці експлуатації вимірювальних комбінованих систем у складі стаціонарного рівнеміра і вимірювача тиску стовпа рідини, які реалізують непрямий метод вимірювань маси рідин у стаціонарних резервуарах, заснований на гідростатичному принципі. Оцінювання параметрів системи з калібрування та їх невизначеностей, а також невизначеності вимірювань системою маси в експлуатації виконано строго за методом найменших квадратів з урахуванням кореляції результатів вимірювань та визначених параметрів системи вимірювань маси

In this article is presented your attention calibration method of the measuring systems for the mass of the liquids in tanks in the place of the exploration. Systems consist of level gauges and devices for measuring hydrostatic pressure of liquid. Calibration is performing to measure the level of liquid from dip-point and density of liquid by measuring standards simultaneously with measure of vertical distance from reference point of the level gauge to liquid surface and hydrostatic pressure of liquid by system. Measurement results are adjusted by list square solution method and after that obtained geometrical and other parameters (biases) of the system. Parameters (biases) enter to system like that correction. Uncertainty evaluation is performing for parameters of the system and for liquid mass in exploration strict by list square method with considers correlation between parameters and results of measurement.

Ключові слова: *калібрування, невизначеність, резервуар, гідростатичний тиск, густина, рівень, об'єм, маса рідини.*
Keywords: *Calibration, uncertainty, tank, hydrostatic presser, density, level, volume, mass of the liquid.*

Проблему підвищення точності обліку нафти та нафтопродуктів важко переоцінити. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є створення автоматизованих систем контролю й обліку кількості нафти та нафтопродуктів на стаціонарних вимірювальних резервуарах (систем). Найважливішим питанням забезпечення надійної експлуатації таких систем є розроблення дієвих методів вимірювань у процесах оцінювання їх відповідності та калібрування в експлуатації, а також методів опрацювання результатів цих вимірювань. Складність організації процесу вимірювань під час калібрування полягає в тому, що вимірювання необхідно виконати без демонтажу приладів, що входять до системи, на резервуарі за реальних умов їх експлуатації.

Одним із методів вимірювань маси нафти та нафтопродуктів у резервуарах є регламентований *OIML R* 125 [1], *ISO* 15169 [5] та ДСТУ 7094 (ГОСТ 8.587) [8] непрямий метод вимірювань у стаціонарних резервуарах, заснований на гідростатичному принципі. Для його реалізації на резервуарі повинні бути встановлені стаціонарний рівнемір, який відповідає вимогам [2] і [5], та вимірювач тиску стовпа рідини, який відповідає вимогам [5]. Для введення до результатів вимірювань та обчислень певних поправок на температуру та обчислення об'єму рідини, приведеного до температури 15 чи 20 °С, повинна бути встановлена низка датчиків температури, що вимірюють температури рідини та пароповітряної суміші за всією висотою резервуара з кроком, наприклад, один метр.

© Самойленко О., 2017

Густина рідини при цьому визначається за виміреними тиском стовпа рідини над чутливим елементом убудованого в резервуар вимірювача тиску та рівнем рідини над чутливим елементом, виміреним стаціонарним рівнеміром, змонтованим на резервуарі. За рівнем рідини визначається її об'єм за градуювальною таблицею резервуара. Маса визначається множенням фактично виміреної густини рідини на приведений до температури вимірювань її об'єм (формула (1)).

Перевагою застосування такого комплекту приладів та такого методу вимірювань є постійне й оперативне визначення температури, об'єму (в тому числі приведеного), густини і маси рідини, що в певний момент міститься в резервуарі, але для задоволення прийнятної невизначеності вимірювань маси такою системою необхідно виконання ряду вимог до неї. Представимо основні з них.

1. Усі засоби вимірювальної техніки, що використовуються в системі, повинні мати відповідні метрологічні характеристики (див., наприклад, [5]), щоби забезпечити необхідну точність обчислення маси рідини у 0,5 % за [1] та [8].

2. Резервуар повинен бути повірений (відкалібрований) за [10], що забезпечить визначення його інтервальних місткостей відносно точки торкання днища вантажем рулетки (термін із [10]), що те ж саме відносно *dip-point* (терміни із [3] та [6]).

3. Потрібно з достатньою невизначеністю виміряти базові висоти рівнеміра і вимірювача тиску як відстані за вертикаллю від точки торкання днища вантажем рулетки до реперної точки стаціонарного рівнеміра та до чутливого елемента вимірювача тиску стовпа рідини.

4. Резервуар повинен бути достатньо жорстким, щоби перераховані у п. 3 відстані не змінювалися за його наповнення та у часі в період експлуатації системи.

Щоби не розпилювати уваги і зосередитися на викладені методики калібрування системи, в межах цієї публікації приймається, що зміна температури як рідини, так і повітря за калібрування незначна, і впливом від цієї зміни на кінцевий результат калібрування системи можна знехтувати. Питання впливу зміни температури в межах діапазону температури експлуатації системи підлягає окремому розгляду. На цьому етапі розгляду також можна вважати, що зміни тиску пароповітряної суміші в резервуарі та атмосферного тиску враховуються з належною точністю.

Досвід показує, що п. 4 наведеного вище переліку виконується далеко не завжди і може призвести до значного збільшення невизначеності вимірювань маси. Виконання п. 3 з достатньою точністю, само по собі, не є надто простою задачею навіть під час введення резервуара в експлуатацію, а в процесі експлуатації резервуара з системою стає просто неможливою без опорожнення, зачистки і дегазації резервуара. Але навіть після таких зусиль результати прямих визначень за п. 3 можуть бути спотворені деформаціями резервуара під вагою налитої у нього рідини і у часі від нерівномірного осідання його основи.

У *OIML R* 125 [1] наводяться загальні метрологічні та технічні вимоги щодо визначення маси рідин вимірювальними системами, встановленими на резервуарах. Фактично в [1] йдеться стосовно непрямого методу вимірювань маси у стаціонарних резервуарах, заснованого на гідростатичному принципі, шляхом застосування рівнеміра і вимірювача тиску стовпа рідини. Ніякої мови щодо калібрування описаної в [1] системи не йдеться. Не йдеться також стосовно строгого, з точки зору методу найменших квадратів (МНК), методу опрацювання результатів вимірювань та оцінювання невизначеності. Є наближені формули для обчислення маси рідини у резервуарі та спрощені формули для обчислення її відносної невизначеності. Установлено допустиме значення визначення маси рідини в резервуарі у 0,5 %. В [1] є суттєва неточність у загальній формулі обчислення маси. Необхідно, замість зазначених там площ горизонтального поперечного перетину на висоті рівня налитої в резервуар рідини та на висоті рівня вимірювача тиску, в формулу обчислення маси підставляти усереднену за всією висотою на певну висоту площу поперечного перетину. Ця площа, власне, може бути легко визначена з градуювальної таблиці резервуара діленням зазначеної там місткості на висоту рівня рідини в резервуарі.

ISO 15169 [5], більш докладно ніж [1], викладає відомості та вимоги щодо визначення об'єму, густини та маси рідини у вертикальних циліндричних резервуарах за допомогою комбінованих резервуарних вимірювальних систем, склад яких описано вище. Указано максимальні допустимі похибки вимірювань висоти рівня, гідростатичного тиску та температури.

У [5] описано організацію повірки (застосовується термін «верифікація», який також має сенс налаштування) окремих складових системи під час уведення її в експлуатацію та в процесі експлуатації, наприклад, для рівнемірів щодо повірки в процесі експлуатації йде посилання на [7].

Наведено більш докладні ніж в [1] формули для обчислення об'єму та маси рідини. Велику увагу

приділено оцінюванню невизначеності результатів вимірювань для вертикальних та горизонтальних циліндричних, а також сферичних резервуарів, але наведені у [5] формули не передбачають використання результатів калібрування системи та не враховують корельованості параметрів системи та результатів вимірювань. Для вимірювачів тиску стовпа рідини передбачено процедуру визначення похибки нуля (*zero error*) та похибки лінеаризації (*linearity error*) перетворювачів тиску (*pressure transmitter*). Разом з тим за ходом викладення ці поняття у [5] чітко не розділяються на систематичні зміщення (*biases*) та їх невизначеності, й не ясно, як вони визначаються, але йде посилання на [8]. Саме стосовно їх визначення і йтиметься у цій роботі.

В ДСТУ 7094 (ГОСТ 8.587) [9] коротко описано непрямий метод вимірювань маси у стаціонарних резервуарах, заснований на гідростатичному принципі. Наведено також формули для обчислення маси рідини та границь допустимої відносної похибки вимірювань маси і встановлені границі допустимої похибки вимірювань маси таким методом у 0,5 %, але не йдеться щодо будь-яких методів калібрування вимірювальних систем.

Незважаючи на те, що у наведених вище роботах застосовується різна термінологія, фактично йдеться стосовно тих самих систем для вимірювань маси, які надалі в тексті узагальнено називатимуть системами.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Із докладного аналізу означених вище й інших чинників випливає, що демонтаж рівнеміра і вимірювача тиску й їх окреме калібрування (повірка) не має сенсу. Хіба що перед установленням і введенням в експлуатацію на резервуарі, але це не виключає означені нижче процедури перед уведенням в експлуатацію на резервуарі. Виходячи з вимоги калібрування без демонтажу пропонуються такі еталони і методика вимірювань ними.

Для виконання оцінювання відповідності, повірки чи калібрування системи необхідно мати еталонний рівнемір, який установлюється на люку над точкою торкання днища вантажем рулетки, і еталонний густиномір, установлений на іншому люку (можлива комбінація двох приладів в одному). Обидва прилади можуть мати еталонний канал вимірювання температури. Під час калібрування резервуар наповнюється рідиною чи рідина із нього зливається. На певних висотах рівня рідини наливання (зливання) зупиняється, і вимірюється висота рівня рідини від точки торкання днища вантажем рулетки до поверхні еталонним рівнеміром, густина в декількох шарах рідини еталонним густиноміром, а також відстань від реперної точки стаціонарного рівнеміра до поверхні рідини та тиск стовпа рідини, вимірений вимірювачем тиску. Таких точок вимірювань повинно бути не менше 10, рівномірно розташованих за висотою вимірювань рівня в діапазоні вимірювань системою. Якщо за попереднім досвідом рідина однорідна, то можна допустити вимірювання густини в лабораторії за відібраним зразком та виміреною температурою, як це рекомендовано у [5].

Зважаючи на наведене вище, математичну модель вимірювань маси нафти чи нафтопродукту в резервуарі потрібно записати в такому виді:

$$M_i = \rho_i \cdot V_i, \quad (1)$$

де ρ_i — густина рідини, вимірена системою;

V_i — об'єм рідини, проінтерпольований системою за виміреним рівнем рідини в резервуарі за градуювальною таблицею введеною в неї, приведений до середньої температури рідини в резервуарі за формулами із [5].

Для спрощення у формулі (1) на цьому етапі не розділяється обчислення маси над чутливим елементом (наприклад, мембраною) вимірювача тиску та нижче нього, як це зроблено, наприклад, у [1].

Густина рідини в резервуарі в процесі його експлуатації обчислюється за результатами вимірювань тиску та рівня рідини над чутливим елементом вимірювача тиску. Теоретично густина рідини в резервуарі ρ_i повинна розраховуватися за формулою:

$$\rho_i = P_i / g \cdot H_i, \quad (2)$$

де H_i — висота рівня рідини, вимірена рівнеміром, установленим на резервуарі над чутливим елементом вимірювача тиску;

P_i — тиск стовпа рідини, вимірений вимірювачем тиску, встановленим на резервуарі, коли рівень рідини в резервуарі був H_i;

g — прискорення вільного падіння, яке беруть таким, що дорівнює 9,8066 м/с^2.

Унаслідок зазначених вище й інших причин рівняння (2) непридатне для обчислення густини рідини в резервуарі з достатньою точністю. З метою уточнення рівняння (2) за результатами калібрування вимірювальної системи пропонується така модель вимірювань у виді системи двох рівнянь:

$$\tilde{\rho}_i = \frac{P_i - (P_0 + c_P \cdot P_i)}{g \cdot ((H_L + c_{H_L} \cdot L_i) - (H_P + c_{H_P} \cdot L_i) - L_i)}; \quad (3)$$

$$\tilde{H}_{G_i} = (H_L + c_{H_L} \cdot L_i) - L_i, \quad (4)$$

де у формулах є *дві групи величин*:

1) *вимірені для кожної висоти рівня рідини величини*:

$\tilde{H}_i$ — висота рівня рідини в резервуарі, вимірена еталонним рівнеміром над точкою торкання днища резервуара вантажем рулетки, яка співпадає з нулем градуювальної таблиці резервуара за результатами його калібрування;

$\tilde{\rho}_i$ — середня густина рідини в резервуарі, вимірена еталонним густиноміром, коли рівень рідини в резервуарі був $\tilde{H}_i$;

L_i — вимірена стаціонарним рівнеміром відстань від реперної точки рівнеміра (точка рівнеміра, з якою співпадає нуль його шкали) до поверхні рідини;

P_i — вимірений вимірювачем тиск стовпа рідини;

2) *невідомі параметри системи:*

P_0 — адитивне систематичне зміщення (*bias*) результатів вимірювань тиску вимірювачем тиску стовпа рідини, встановленим на резервуарі (аналог того, що у [5] названо похибкою нуля);

c_P — мультиплікативне систематичне зміщення (*bias*) результатів вимірювань тиску вимірювачем тиску стовпа рідини в резервуарі (аналог того, що у [5] названо похибкою лінеарізації);

H_L — базова висота рівнеміра — висота реперної точки рівнеміра над точкою торкання днища резервуара вантажем рулетки за рівня рідини, що дорівнює нулю;

c_{H_L} — мультиплікативне систематичне зміщення (*bias*) висоти реперної точки стаціонарного рівнеміра відносно точки торкання днища вантажем рулетки;

H_P — базова висота вимірювача тиску — висота чутливого елемента вимірювача тиску стовпа рідини в резервуарі над точкою торкання днища резервуара вантажем рулетки за рівня рідини, що дорівнює нулю;

c_{H_P} — мультиплікативне систематичне зміщення (*bias*) висоти чутливого елемента вимірювача тиску відносно точки торкання днища вантажем рулетки;

$i = 1, \ldots, n$ — номер рівня рідини, на якому виконувалися вимірювання;

n — кількість рівнів рідини, на яких виконувалися вимірювання.

Невідомі c_{H_L} і c_{H_P} характеризують зміну за лінійним законом базових висот рівнеміра та вимірювача тиску залежно від висоти рівня налитої в резервуар рідини.

Зважаючи на те, що всі вимірювання виконуються з певною невизначеністю, а необхідні для коректної роботи системи параметри точно невідомі, рівняння (3) і (4) точно виконуватися не будуть. Ці рівняння залежні між собою, оскільки в обох фігурують вимірене рівнеміром системи значення відстані до поверхні рідини і базова висота рівнеміра системи над точкою торкання днища вантажем рулетки та його мультиплікативне систематичне зміщення. Зважаючи на це, виникає складний випадок вирівнювання результатів вимірювань за МНК.

Для складання рівнянь поправок необхідно розкласти функції (3) і (4) в ряд Тейлора, обмежившись першими лінійними членами. Фактично операція зводиться до взяття частинних похідних від функцій по виміреним величинам і визначуваним параметрам.

Вихідні функції (3) і (4), що пов'язують виміренi величини та визначувані геометричні та інші параметри системи, в загальному випадку мають вид:

$$y_{1i} = \varphi_{1i}(x_1, \ldots, x_m, \tau_1, \ldots, \tau_k); \qquad (5)$$
$$y_{2i} = \varphi_{2i}(x_1, \ldots, x_m, \tau_1, \ldots, \tau_k),$$

де y_{1i} та y_{2i} — результати вимірювань густини та висоти рівня рідини еталонними приладами;

$x_1, \ldots, x_n$ — результати вимірювань відстані від реперної точки рівнеміра до поверхні рідини і тиску стовпа рідини вимірювачем тиску системи;

$\tau_1, \ldots, \tau_k$ — визначувані геометричні та інші параметри системи (систематичні зміщення);

k — кількість визначуваних геометричних та інших параметрів системи;

m — кількість вимірювань, які виконуються системою на одному рівні рідини.

Система рівнянь поправок для функції (5) у загальному матричному виді записується так:

$$A \cdot V = B \cdot \delta\tau + l, \qquad (6)$$

де A — матриця частинних похідних від вихідних функцій (5) по виміреним величинам;

B — матриця частинних похідних від вихідних функцій (5) по параметрах системи, що визначаються;

V — матриця поправок до вимірених величин;

$\delta\tau$ — вектор поправок до наближених значень параметрів системи, що визначаються;

l — вектор вільних членів.

Для складання системи нормальних рівнянь уведемо деякі узагальнені проміжні величини u_{i1} та u_{i2}. Вони відповідають кожній парі рівнянь (3) і (4). Тоді маємо в загальному виді (5):

$$A \cdot V = U = \begin{vmatrix} u_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ u_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & u_{i1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & u_{i2} & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & u_{n1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & u_{n2} \end{vmatrix}, \qquad (7)$$

де $\begin{vmatrix} u_{i1} \\ u_{i2} \end{vmatrix} = A_i \cdot V_i = \begin{vmatrix} a_{i11} & 0 & a_{i13} & a_{i14} \\ 0 & a_{i22} & 0 & a_{i24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} v_{\tilde{\rho}_i} & 0 \\ 0 & v_{\tilde{H}_i} \\ v_{P_i} & 0 \\ v_{L_i} & v_{L_i} \end{vmatrix}$. (8)

Коефіцієнти лівої частини рівнянь поправок (6) та у формулі (8) такі:

$$a_{i11} = 1; \quad a_{i13} = \frac{\tilde{\rho}_i}{P_i}; \quad a_{i14} = \frac{\tilde{\rho}_i}{H_i};$$

$$a_{i22} = 1; \quad a_{i24} = 1,$$

де $H_i = H_L^0 - H_P^0 - L_i$ — наближене значення рівня рідини над чутливим елементом вимірювача тиску стовпа рідини;

$v_{\tilde{\rho}_i}$, $v_{\tilde{H}_i}$, v_{P_i}, v_{L_i} — поправки до вимірених значень густини, рівня, тиску та відстані до поверхні рідини.

Тоді рівняння (6) матиме вид $U = B\delta\tau + l$. Більш докладно частину рівняння поправок стосовно визначуваних невідомих параметрів, для кожної висоти рівня, на якій виконувалися вимірювання, можна записати так:

$$B_i \cdot \delta\tau = \begin{vmatrix} b_{i11} & b_{i12} & b_{i13} & b_{i14} & b_{i15} & b_{i16} \\ 0 & 0 & b_{i23} & b_{i24} & 0 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \delta P_0 \\ \delta c_P \\ \delta H_L \\ \delta c_{H_L} \\ \delta H_P \\ \delta c_{H_P} \end{vmatrix}, \quad (9)$$

де коефіцієнти правої частини рівнянь поправок (6)

$$b_{i11} = -\tilde{\rho}_i / P_i; \quad b_{i12} = \tilde{\rho}_i; \quad b_{i13} = \tilde{\rho}_i / H_i;$$

$$b_{i14} = (\tilde{\rho}_i / H_i)L_i; \quad b_{i15} = -\tilde{\rho}_i / H_i, \quad b_{i16} = -(\tilde{\rho}_i / H_i)L_i;$$

$$b_{i23} = 1; \quad b_{i24} = L_i.$$

Вільні члени рівнянь поправок отримуємо, підставляючи у рівняння (3) і (4) безпосередньо вимірені величини та наближені значення визначуваних параметрів системи, зважаючи, що чотири із них можна прийняти такими, що дорівнюють нулю:

$$l_{1i} = P_i / (g \cdot (H_L^0 - H_P^0 - L_i)) - \tilde{\rho}_i;$$

$$l_{2i} = H_L^0 - L_i - \tilde{H}_{G_i}. \quad (10)$$

Нульовий верхній індекс визначуваних параметрів у рівняннях (10) означає, що беруться наближені значення параметрів.

Для виключення викривлень під час опрацювання треба коректно, з точки зору МНК, розрахувати ваги величин u_{i1} та u_{i2}.

Обернена вага пари узагальнених поправок u_{i1} та u_{i2} обчислюється за формулою:

$$Q_{u_i} = A_i \cdot q_i \cdot A_i^T = \begin{vmatrix} Q_{u_{1i}} & K_{u_i} \\ K_{u_i} & Q_{u_{2i}} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} a_{i11} & 0 & a_{i13} & a_{i14} \\ 0 & a_{i22} & 0 & a_{i24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} q_{\tilde{\rho}_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_{\tilde{H}_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_{P_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_{L_i} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{i11} & 0 \\ 0 & a_{i22} \\ a_{i13} & 0 \\ a_{i14} & a_{i24} \end{vmatrix}, \quad (11)$$

де q_i — діагональна матриця обернених ваг для вимірених величин у точці вимірювань (на висоті рівня рідини) з номером i.

Діагональні члени матриці q_i обчислюються за формулами:

$q_{\tilde{\rho}_i} = u^2(\tilde{\rho}_i) / \sigma^2(\tilde{\rho}_0)$ — обернена вага виміреної еталонним густиноміром густини;

$q_{\tilde{H}_i} = u^2(\tilde{H}_i) / \sigma^2(\tilde{H}_0)$ — обернена вага виміреного еталонним рівнеміром рівня рідини від точки торкання днища вантажем рулетки;

$q_{P_i} = u^2(P_i) / \sigma^2(P_0)$ — обернена вага виміреного тиску стовпа рідини в резервуарі вимірювачем тиску системи;

$q_{L_i} = u^2(L_i) / \sigma^2(L_0)$ — обернена вага виміреної рівнеміром системи відстані від його реперної точки до поверхні рідини,

де $\sigma^2(\tilde{\rho}_0)$, $\sigma^2(\tilde{H}_0)$, $\sigma^2(P_0)$, $\sigma^2(L_0)$ — дисперсії деяких узагальнених вимірювань, вага яких прирівнюється одиниці.

Матриця ваг величин u_{i1} та u_{i2}, розміром 2 на 2, обчислюється оберненням матриці Q_{u_i} за формулою:

$$P_{u_i} = \begin{vmatrix} Q_{u_{1i}} & K_{u_i} \\ K_{u_i} & Q_{u_{2i}} \end{vmatrix}^{-1}. \quad (12)$$

Матриця ваг P_U для всієї сукупності вимірювань має діагональний вид і складається з блоків (12) розміром 2 на 2, розташованих на її діагоналі.

Система нормальних рівнянь матиме відомий вид: $N\delta\tau + L = 0$, де $N = B^T P_U B$ — квадратна матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь, $L = B^T P_U l$ — вектор вільних членів нормальних рівнянь.

Нормальні рівняння у загальному виді розв'язуються за схемою:

$$\delta\tau = -N^{-1} \cdot L = -Q \cdot L, \quad (13)$$

де $N^{-1} = Q$ — матриця, обернена до матриці нормальних рівнянь.

Нормальні рівняння розв'язуються за головною умовою МНК:

$$U^T P_U U = \min \text{ або } V^T P V = \min. \quad (14)$$

де P — матриця ваг безпосередніх вимірювань, яка складається із блоків, обернених до q_i.

Після розв'язання нормальних рівнянь поправки до вимірених величин обчислюються за формулою:

$$V_i = q_i \cdot A_i \cdot P_{u_i} \cdot \begin{vmatrix} u_{1i} \\ u_{2i} \end{vmatrix} \text{ або}$$

$$\begin{vmatrix} v_{\tilde{\rho}_i} \\ v_{\tilde{H}_i} \\ v_{P_i} \\ v_{L_i} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} q_{\tilde{\rho}_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_{\tilde{H}_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_{P_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_{L_i} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{i11} & 0 \\ 0 & a_{i22} \\ a_{i13} & 0 \\ a_{i14} & a_{i24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} Q_{u_{1i}} & K_{u_i} \\ K_{u_i} & Q_{u_{2i}} \end{vmatrix}^{-1} \cdot \begin{vmatrix} u_{1i} \\ u_{2i} \end{vmatrix}. \quad (15)$$

У [4] описано найбільш простий випадок оцінювання невизначеності результатів вимірювань.

Опрацювання й оцінювання за МНК є складним випадком, який потребує ретельного, заснованого на [4], розроблення для кожного окремого випадку, такого, як наведено нижче.

Оцінювання невизначеності за МНК розпочинається з оцінювання стандартного відхилення одиниці ваги σ_u за формулою:

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{U^T P_U U}{2n-k}} = \sqrt{\frac{V^T PV}{2n+nm-k}}. \qquad (16)$$

Значення $V^T PV$ у числівнику правої частини формули (16) можна обчислити за виразом:

$$V^T PV = \\ = \sum_{i=1}^{n} \left(\begin{vmatrix} v_{\tilde{\rho}_i} & v_{\tilde{H}_i} & v_{P_i} & v_{L_i} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} p_{\tilde{\rho}_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{\tilde{H}_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{P_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{L_i} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} v_{\tilde{\rho}_i} \\ v_{\tilde{H}_i} \\ v_{P_i} \\ v_{L_i} \end{vmatrix} \right). \qquad (17)$$

Стандартне відхилення σ_u — це відхилення такого вимірювання, вага якого дорівнює одиниці: $p_i = 1/q_i = \sigma^2(x_0)/u^2(x_i) = 1$.

Таке значення стандартного відхилення включає як невизначеності еталонів, застосованих для калібрування, так і невизначеності вимірювань самою системою за калібрування.

Оцінки невизначеності за типом А визначуваних параметрів системи обчислюються за формулою:

$$\sigma_A(\tau_j) = \sigma_u \cdot \sqrt{Q_{jj}}, \qquad (18)$$

де Q_{jj} — діагональні члени матриці, оберненої до матриці нормальних рівнянь із (13), що відповідають шести визначуваним параметрам системи.

Параметри системи, під якими розуміються її систематичні зміщення, обчислені за розв'язанням наведеної вище системи рівнянь, повинні бути занесені до вимірювальної системи як поправки. Математична модель, за якою працює система в експлуатації, повинна відповідати математичній моделі, за якою проводилося калібрування, тобто повинна відповідати формулам (3) та (4). Для повноти викладення повторимо ці формули з корекцією, необхідною в експлуатації:

$$\rho_t = \frac{P_t - (P_0 + c_P \cdot P_t)}{g \cdot ((H_L + c_{H_L} \cdot L_t) - (H_P + c_{H_P} \cdot L_t) - L_t)}; \qquad (19)$$

$$H_{G_t} = (H_L + c_{H_L} \cdot L_t) - L_t, \qquad (20)$$

де ρ_i — вимірена (обчислена із правої частини рівняння (19)) густина;

H_{G_t} — вимірена (обчислена із правої частини рівняння (20)) висота рівня рідини;

t — індекс, який вказує на порядковий номер вимірювання маси рідини у резервуарі в експлуатації.

Формули (19) і (20) відрізняються від (3) і (4) тим, що в них підставляються визначені із калібрування параметри системи та вимірені в експлуатації величини, а обчислені ліві частини вважаються результатами вимірювань системою.

Для оцінювання невизначеності вимірювання системою маси рідини, що міститься в резервуарі, повинна бути складена математична модель для такого оцінювання. Як було вже зазначено вище, в [1] та [5] наведено спрощені апріорні моделі оцінювання невизначеності вимірювань маси системами, які не враховують результатів калібрування системи і корельованості параметрів системи та результатів вимірювань нею.

На першому етапі оцінювання невизначеності вимірювань маси необхідно оцінити невизначеності вимірювань густини і рівня рідини, які обчислюються за формулами (19) і (20). Для цього необхідно отримати кореляційну матрицю результатів вимірювань густини та рівня з урахуванням результатів калібрування за формулами:

$$K_{\rho H} = \begin{vmatrix} u_A^2(\rho_t) & K_{12} \\ K_{21} & u_A^2(H_{G_t}) \end{vmatrix} = B_t \cdot K_\tau \cdot B_t^T + A_t \cdot K_x \cdot A_t^T; \qquad (21)$$

$$A_t \cdot K_x \cdot A_t^T = \\ = \begin{vmatrix} a_{t13} & a_{t14} \\ 0 & a_{t24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} u^2(P_t) & 0 \\ 0 & u^2(L_t) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{t13} & 0 \\ a_{t14} & a_{t24} \end{vmatrix}; \qquad (22)$$

$$B_t = \begin{vmatrix} b_{t11} & b_{t12} & b_{t13} & b_{t14} & b_{t15} & b_{t16} \\ 0 & 0 & b_{t23} & b_{t24} & 0 & 0 \end{vmatrix}, \qquad (23)$$

де $K_\tau = \sigma_u^2 \cdot Q$ — кореляційна матриця визначених із калібрування параметрів системи;

B_t — вектор коефіцієнтів вагової функції, який збігається з матрицею коефіцієнтів рівнянь поправок (9), обчислених для висоти рівня рідини в резервуарі, позначеного індексом t;

a_{t13}, a_{t14}, a_{t24} — коефіцієнти із матриці коефіцієнтів (8), обчислені для висоти рівня рідини в резервуарі, позначеного індексом t;

$u(P_t)$, $u(L_t)$ — невизначеності вимірювань системою тиску стовпа рідини та відстані до поверхні рідини під час експлуатації для висоти рівня рідини в резервуарі, позначеного індексом t.

Для оцінювання невизначеності вимірювань маси рідини в резервуарі запишемо формулу (1) у виді:

$$M_t = \rho_t \cdot V_t = \rho_t \cdot H_{G_t} \cdot S_t, \qquad (24)$$

де S_t — усереднена за всією висотою на певну висоту площа поперечного перетину резервуара, отримана діленням місткості з градуювальної таблиці на висоту рівня рідини H_{G_t}.

Для обчислення невизначеності вимірювань маси рідини із урахуванням кореляції необхідно

скласти вагову функцію:

$$u^2(M_t) = F_M \cdot K_{\rho H} \cdot F_M^T =$$

$$= \begin{vmatrix} f_{t1} & f_{t2} & f_{t3} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} u_A^2(\rho_t) & K_{12} & 0 \\ K_{21} & u_A^2(H_{G_t}) & 0 \\ 0 & 0 & u_A^2(S_t) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} f_{t1} \\ f_{t2} \\ f_{t3} \end{vmatrix}; \quad (25)$$

$$\begin{vmatrix} f_{t1} & f_{t2} & f_{t3} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} H_{G_t} \cdot S_t & \rho_t \cdot S_t & \rho_t \cdot H_{G_t} \end{vmatrix}, \quad (26)$$

де f_{t1}, f_{t2} та f_{t3} — коефіцієнти вагової функції, отримані як частинні похідні від рівняння (24) по виміреним густині, рівню і площі горизонтального перетину резервуара;

$u^2(S_t)$ — невизначеність площі, яка визначається з рівняння $u^2(S_t)/S_t^2 = u^2(V_t)/V_t^2$, тобто відносна невизначеність площі дорівнюється відносній невизначеності місткості із повірки (калібрування) резервуара.

Якщо невизначеність маси записати у відносній мірі у виді очевидної та відомої формули:

$$\frac{u^2(M_t)}{M_t^2} = \frac{u^2(\rho_t)}{\rho_t^2} + \frac{u^2(V_t)}{V_t^2} + \frac{u^2(H_{G_t})}{H_{G_t}^2}, \quad (27)$$

то треба мати на увазі, що це наближена формула, яка не враховує корельованості вимірювань.

Реальна модель вимірювань буде складнішою, адже вона може бути нелінійною, можливо прийдеться враховувати гістерезис, що виникатиме під час наливання та зливання рідини, та враховувати вплив температури рідини, наприклад, на вимірювач тиску.

ВИСНОВКИ

Запропонована методика дозволяє виконати калібрування без демонтажу складових системи на місці експлуатації та строго, з точки зору МНК, оцінити параметри вимірювальної комбінованої системи у складі рівнеміра та вимірювача тиску стовпа рідини, призначеної для вимірювання маси нафти та нафтопродуктів у резервуарах.

Методика також дозволяє строго за МНК, із урахуванням корельованості, оцінити невизначеність параметрів вимірювальної комбінованої системи та невизначеність обчислення густини та маси нафти чи нафтопродукту в резервуарі під час експлуатації.

Параметри системи, визначені із калібрування, є, фактично, її систематичними зміщеннями, які повинні вводитися у систему як поправки, що значно поліпшить результати вимірювань маси в експлуатації.

Можуть бути запропоновані інші математичні моделі вимірювань, які більш адекватно описують фактичні параметри системи, але запропонована методика вимірювань та оцінювання за МНК може бути універсальною для будь-яких моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. OIML R 125:1998 (E) Measuring systems for the mass of liquids in tanks.
2. OIML R 85:2008 Automatic level gauges for measuring the level of liquid in stationary storage tanks. Part 1: Metrological and technical requirements; Part 2: Metrological control and tests.
3. OIML R 71:2008 Fixed storage tanks. General requirements.
4. JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.
5. ISO 15169:2003 Petroleum and liquid petroleum products — Determination of volume, density and mass of the hydrocarbon content of vertical cylindrical tanks by hybrid tank measurement systems.
6. ISO 7507-4:2010 Petroleum and liquid petroleum products — Calibration of vertical cylindrical tanks — Part 4: Internal electro-optical distance-ranging method.
7. ISO 4266-1:2002 Petroleum and liquid petroleum products — Measurement of level and temperature in storage tanks by automatic methods — Part 1: Measurement of level in atmospheric tanks.
8. ISO 11223-1:1995 Petroleum and liquid petroleum products — Direct static measurements — Contents of vertical storage tanks — Part 1: Mass measurement by hydrostatic tank gauging.
9. ДСТУ 7094:2009 Маса нафти та нафтопродуктів. Загальні вимоги до методик виконання вимірювань (ГОСТ 8.587-2006, *MOD*).
10. ДСТУ 7473:2016 Метрологія. Резервуари стаціонарні вимірювальні вертикальні. Методика повірки (калібрування) геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів.

Отримано / received: 26.10.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. М.Д. Гераїмчуком (Україна).
Prof. M.D. Geraimchuk, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

6'2017 • МЕТРОЛОГІЯ ТА ПРИЛАДИ • ISSN 2307-2180

УДК 628.052.7; 629.054; 629.016; 629.018

THE SYSTEM FOR MEASUREMENT OF THE MOVING OBJECTS PARAMETERS

СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

A. Korobko, PhD in Engineering, Assoc. Professor,
Kharkiv National Automobile and Highway University;
leading researcher,
«Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production», Kharkiv branch

А. Коробко, кандидат технічних наук, доцент кафедри Технології машинобудування і ремонту машин,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет;
провідний науковий співробітник,
Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки й технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

The paper addresses a new method of moving objects measuring motion parameters. This: angular velocity, angular acceleration, instantaneous turn radius, linear velocity. Measuring instruments using integrated accelerometers based on MEMS-technology. The developed measuring system can be used as navigation system in determining the spatio-temporal orientation of the ground object. Because in addition to measuring these parameters it allows you to determine the direction of the vector of linear speed. The proposed measurement system can reduce inadequate measurement models, autonomy and increase versatility and reduce measurement error motion parameters of moving objects during testing and navigation systems in determining the spatio-temporal orientation of objects and the management of them by changing the structure of equipment and information simplification of indirect measurements.

Запропоновано новий спосіб вимірювання таких параметрів руху рухомих об'єктів, як кутові швидкість і прискорення, миттєвий радіус повороту, лінійна швидкість, за використання як засоби вимірювальної техніки інтегральних акселерометрів на основі MEMS-технологій. Розроблена вимірювальна система може використовуватися як система навігації під час визначення просторово-часової орієнтації наземного об'єкта, оскільки, окрім вимірювання зазначених параметрів, вона дозволяє визначати напрямок вектора лінійної швидкості. Запропонована вимірювальна система дозволяє зменшити неадекватність моделі вимірювання, підвищити автономність і універсальність та зменшити похибку вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів у процесі випробувань і в системах навігації під час визначення просторово-часової орієнтації об'єктів та за управління ними, внаслідок зміни складу інформаційного обладнання і спрощення непрямих вимірювань.

Keywords: *measurement system, accelerometer, gyroscope, spatial-temporal orientation, a characteristic of motion.*
Ключові слова: *вимірювальна система, акселерометр, гіроскоп, просторово-часова орієнтація, параметри руху.*

Dynamic testing of moving objects including vehicles, is nowadays one of the most common and reliable ways of assessing their quality both in assessing the adequacy and the operation. To ensure the required level of security it is necessary to expand the control of various mechanisms, to move to a higher level of test and implement new control devices with higher functional capacities. Using accelerometers plays a significant role in resolving the specified problem. In connection with the above, their arises a problem of development and application of measurement and registration systems that allow with no interference in the construction to determine the dynamic and kinematic parameters during the dynamic testing of moving objects.

The paper proposes a new method of measuring such motion parameters of moving objects as angular velocity and acceleration, instantaneous turning radius, the linear velocity using integrated accelerometers based on MEMS-technology as measuring instruments.

© Коробко А., 2017

Analysis of recent research and publications. In Kharkiv National Automobile and Highway University jointly with Kharkiv Petro Vasilenko National Technical University of Agriculture over the years there have been developed methods and tools for dynamic tests of cars and tractors [1, 2, 3]. The basis of the developed methods lies in universal method of partial accelerations [4], based on the measurement of linear accelerations that occur during moving object tests. Acceleration measurements are carried out by linear accelerometers. It has been proven that in order to make test object supervisory it is necessary that each degree of freedom of moving object was consistent with its own measuring axis [5]. To implement the proposed provisions measuring system, consisting of two three-axis accelerometers and computing unit was suggested [1]. Metrological characteristics of this measuring system allow making measurements of motion parameters with an error not exceeding 5 %.

There are other systems for measuring the speed of an object containing a measuring conductor situated in a horizontal direction perpendicular to the direction of the object movement with the ability to influence this conductor of Earth's magnetic field, and on-board computer, configured to determine the speed of object movement depending on the electric potential difference between the conductor measuring points. An optional sensor of magnetic field and inclinometer or accelerometer can be mounted [6].

Another way to measure the speed of movement of vehicles, lies in the fact that using two measurers of speed (primary and additional) provides continuous measurement of speed of object movement by primary one and periodic measurements with high accuracy — by additional measurer using measurement of time of signal delay on the second channel compared with the first one by high-precision measurer within certain time slots, pre caused by less accurate speed measurer [7].

Defining unsolved problem. The described measuring systems [6, 7] are certainly perspective and competitive in the field of navigation of ground moving objects, but they have drawbacks. The biggest ones are lack of versatility in the application, the increased complexity of installation on the object because of the need to provide special seats for different sensors, the inability to determine the direction of the velocity vector. The measurement result is significantly affected by longitudinal and transverse surface inclination on which the object moves, which requires the use of sophisticated methods of correction of measurement error and the use of additional technical means [8].

The purpose and setting of research objectives. The study aims to increase autonomy and reduce measurement errors of movement characteristics (linear acceleration, linear velocity, angular acceleration, angular velocity, instantaneous turning radius, and direction of linear velocity vector) of moving objects during testing and increasing functionality of navigation systems in determining the spatio-temporal orientations of objects and during driving mobile objects. To achieve this goal it is necessary to solve the problem of selecting information equipment for measurement system and develop a method of measuring linear acceleration, linear velocity, angular acceleration, angular velocity, instantaneous turning radius and direction of linear speed vector of ground objects.

THE RESEARCH RESULTS

To determine the kinematic parameters of movement of vehicles it is proposed to use a measuring system, consisting of three-axial sensor of linear acceleration and sensor of angular velocity (gyroscope). Fig. 1 shows a circuit of measuring linear accelerations that occur while moving ground objects.

Components of acceleration of point *A*, where the sensors are installed:

$$a^n = \omega^2 R = \omega^2 OA; \quad (1)$$

$$a^\tau = \varepsilon R = \varepsilon OA, \quad (2)$$

where a_n, a_τ — normal and tangential acceleration at point *A*, respectively; ω — angular velocity of point *A*; ε — angular acceleration at point *A*; *R* — instantaneous turning radius (Fig. 1 — the value of segment OC).

The components of the linear accelerations registered by linear acceleration sensors:

$$a_x = a^\tau \cos\alpha + a^n \sin\alpha; \quad (3)$$

$$a_y = a^\tau \sin\alpha + a^n \cos\alpha. \quad (4)$$

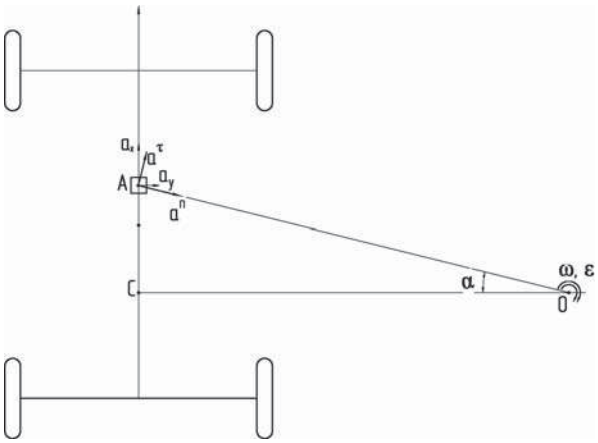


Fig. 1. Scheme of linear acceleration arising from the movement of vehicle

Рис. 1. Схема лінійних прискорень, що виникають під час руху транспортного засобу

After the substitution of (1)—(2) in (3)—(4), as well as with account of the geometric determination of angle α according to the scheme in Fig. 1, we have:

$$a_x = \varepsilon R + \omega^2 R \operatorname{tg}\alpha; \quad (5)$$

$$a_y = -\varepsilon R \operatorname{tg}\alpha + \omega^2 R. \quad (6)$$

Solving compatible (5) and (6) we find instantaneous turning radius

$$R = \frac{a_y\omega^2 - a_x\varepsilon}{\omega^4 - \varepsilon^2}. \quad (7)$$

The value of the angular acceleration ε can be found by using the additional angular acceleration sensor, or differentiating the value of the angular velocity ω:

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}; \quad (8)$$

where ω_1, ω_2 — values of angular velocity measured in the current and previous moments of time, respectively; Δt — time interval with which the measurement of angular velocity is made.

Equation (7) with account of (8) will look

$$R = \frac{a_y\omega_2^2\Delta t^2 - a_x\Delta t(\omega_2 - \omega_1)}{\omega^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}. \quad (9)$$

The linear velocity of the vehicle can be determined not by the time integration, but by well-known formula

$$v = \omega R. \quad (10)$$

Or with the account of (9)

$$v = \frac{a_y\omega_2^3\Delta t^2 - a_x\Delta t\omega_2(\omega_2 - \omega_1)}{\omega^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}. \quad (11)$$

Measurement error of vehicle speed is defined as follows

$$\varepsilon_v = \left(\left|\frac{\partial v}{\partial a_y}\right| + \left|\frac{\partial v}{\partial a_x}\right|\right)\varepsilon_a + \left(\left|\frac{\partial v}{\partial \omega_2}\right| + \left|\frac{\partial v}{\partial \omega_1}\right|\right)\varepsilon_\omega + \left|\frac{\partial v}{\partial \Delta t}\right|\varepsilon_{\Delta t}. \quad (12)$$

where ε_a, ε_ω, $\varepsilon_{\Delta t}$ — absolute measurement errors of linear acceleration, angular velocity, and time, respectively;

$$\frac{\partial v}{\partial a_y} = \frac{\omega_2^3\Delta t^2}{\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}; \quad (13)$$

$$\frac{\partial v}{\partial a_x} = -\frac{\Delta t(\omega_2^2 - \omega_2\omega_1)}{\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2}; \quad (14)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \omega_2} = \frac{3a_y\omega_2^2\Delta t^2 - a_x\Delta t(2\omega_2 - \omega_1)}{\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2} - \frac{\left[4\omega_2^3\Delta t^2 - 2(\omega_2 - \omega_1)\right]\left[a_y\omega_2^3\Delta t^2 - a_x\omega_2\Delta t(\omega_2 - \omega_1)\right]}{\left[\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2\right]^2}; \quad (15)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \omega_1} = \frac{a_x\omega_2\Delta t}{\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2} - \frac{2(\omega_2 - \omega_1)\left[a_y\omega_2^3\Delta t^2 - a_x\omega_2\Delta t(\omega_2 - \omega_1)\right]}{\left[\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2\right]^2}; \quad (16)$$

$$\frac{\partial v}{\partial \Delta t} = \frac{2a_y\omega_2^3\Delta t - a_x(\omega_2 - \omega_1)}{\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2} - \frac{2\omega_2^4\Delta t\left[a_y\omega_2^3\Delta t^2 - a_x\omega_2\Delta t(\omega_2 - \omega_1)\right]}{\left[\omega_2^4\Delta t^2 - (\omega_2 - \omega_1)^2\right]^2}. \quad (17)$$

The practical implementation of the task carried out through the following. Simultaneously, sensors of linear acceleration and angular rate (gyro) measurements of motion parameters is carried out. These sensors are made in one unit. Information on parameters of movement of objects in the result of mathematical processing of the sensor signals obtained. Measurement of motion parameters is carried out simultaneously in the longitudinal, transverse and vertical planes.

On fig. 2 block diagram of a system for measuring motion parameters of the objects shown: 1 — measuring unit, 2 — computing unit, 3 — monitor, 4 — keyboard, 5 — printing, 6 — power unit, 7 — module connection object [9].

The measuring unit 1 comprises: a sensor linear acceleration 1.1 and the angular velocity sensor 1.2. Through the communication channels connected with the computing unit 2. The computing unit 2 corresponding ports can be connected: up to external storage media, peripheral devices (e.g., monitor 3, keyboard 4, a printout 5). Powered computing unit 2 from the on-Board power supply of the object. Or offline items of supply using the power supply unit 6. The computing unit contains a module connecting to the mobile object 7. Through which the object information is transmitted to control them, depending on the received information measuring unit (feedback).

The measuring system operates as follows.

On the longitudinal axis of the object is set to the measuring unit 1 (simultaneously detects linear accelerations and angular velocity in the longitudinal,

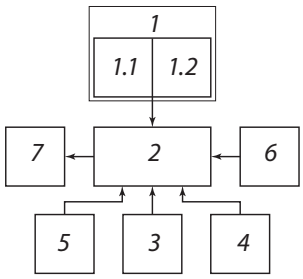


Fig. 2. Block diagram of the measuring system
Рис. 2. Структурна схема вимірювальної системи

transverse and vertical planes). After registration data is pre-processed. The data is filtered. The data are averaged. Data is synchronized on the value selected time interval by the operator. After pretreatment, the signals sensor as digital code, comes in the computing unit 2. There they are processed by a special program. In this case, the information consists of. Direct measurements linear acceleration and angular velocity. Indirect measurement angular acceleration and instantaneous turn radius and the linear velocity. The direction vector of the linear velocity is determined also. The results of the measurement of motion parameters moving objects displayed on the monitor 3 in graphical or digital form. Information is recorded on the storage media. Information is used for decision-making about the trial results of the assessment of the current state of a movable object or decision about the control action to the test object.

THE CONCLUSIONS

The developed measuring system can be used as navigation system in determining the spatio-temporal orientation of the ground object. Because in addition to measuring these parameters it allows you to determine the direction of the vector of linear speed. The proposed measurement system can reduce inadequate measurement models, autonomy and increase versatility and reduce measurement error motion parameters of moving objects during testing and navigation systems in determining the spatio-temporal orientation of objects and the management of them by changing the structure of equipment and information simplification of indirect measurements.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Коробко А.І. Удосконалення методів та метрологічного забезпечення проведення динамічних випробувань автомобілів: дис. … канд. техн. наук (Korobko A.I. Improve methods and metrological support of dynamic testing vehicles. Candidate's thesis) Kharkiv, 2013. — 150 с/р [in Ukrainian].
2. Подригало М.А. Метод визначення сумарної сили опору руху автомобіля за допомогою датчиків лінійних прискорень / М.А. Подригало, А.І. Коробко, Д.М. Клец, О.О. Назарько, А.М. Мостова // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету. Міжвузівський збірник (M. Podrigalo, A. Korobko, D. Kletz, O. Nazarko, A. Mostova. The method definition of total force resistance to movement of the car by means of the accelerometers) // Scientific notes Lutsk National Technical University. Interuniversity collection — Вип./Issye 28, 2010. — С./P. 432—434 [in Ukrainian].
3. Радченко Ю.А. Экспресс-метод диагностирования рулевого управления шарнирно-сочлененных машин / Радченко Ю.А., Назарько О.А., Коробко А.И., Подригало М.А. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Воронеж: ФГБОУ ВО «ВЛГТА им. Г.Ф. Морозова» (Radchenko Yu, Nazarko O., Korobko A., Podrigalo M. Express-method of diagnosing of steering on articulated machine. Alternative energy sources in the transport-technological complex: problems and perspectives of rational use. Voronezh: FGBOU IN VLGTA them. G.F. Morozov, 2015. — № 2. — С./P. 132—137 [in Russian].
4. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Артемов Н.П., Лебедев А.Т., Подригало М. и др.; под. ред. М.А. Подригало. — Х.: Изд-во «Міськдрук» (Artemov N.P., Lebedev A.T., Podrigalo M.A., etc.; under. Ed. M.A. Podrigalo. The method of partial accelerations and its applications in the dynamics of mobile machines. Kharkiv: Publishing house «Miskdruk»), 2012. — 220 с/р [in Ukrainian].
5. Артьомов М. Питання точності вимірювань під час динамічних випробувань мобільних машин // М. Артьомов, М. Подригало, А. Коробко, Д. Клец // Метрологія та прилади. (N. Artemov, M. Podrigalo, A. Korobko, D. Kletz. Questions of Accuracy Measurements at Dynamic Test Vehicle. Metrology and instruments. — 2012. — № 5. — С./P. 27—31 [in Ukrainian].
6. RU 2307356 Устройство для измерения скорости объекта, МПК G01P3/50 / Коровин В.А., Коровин В.К.; Патентообладатель: ООО «Научно-производственное предприятие «Резонанс» RU.; — 2006104665/28, Дата подачи заявки: 14.02.2006; Опубликовано: 27.09.2007, Бюл. № 27 (Korovin V.A., Korovin V.K. RU 2307356 Device for measuring the speed of an object. IPC G01P3/50. The patent holder: LTD «Research and Production Enterprise «Resonance» RU. 2006104665/28. Application submission date: 14.02.2006. Published: 27.09.2007. Bul. №. 27) [in Russian].
7. RU 2431847 Способ определения скорости движения наземного транспортного средства, МПК G01P3/50 / Кулешов В.В., Макаров В.А., Кутузов С.В.; Патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого МО РФ (RU). — 2010101941/28, Дата подачи заявки: 22.01.2010; Опубликовано: 20.10.2011, Бюл. № 29 (Kuleshov V.V., Makarov V.A., Kutuzov S.V. RU 2431847 Method for determining the speed of a land vehicle. IPC G01P3/50. The patent holder: Federal state educational institution of higher professional education Military Academy of the Strategic Missile Forces named after Peter the Great of the RF Ministry of Defense (RU). 2010101941/28. Application submission date: 22.01.2010. Published: 20.10.2011. Bul. №. 29) [in Russian].
8. Шеин В.С. Определение продольного угла наклона дороги в процессе движения автомобиля / Шеин В.С., Коробко А.И., Абрамов Д.В., Подригало М.А. // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Воронеж: ФГБОУ ВО «ВЛГТА им. Г.Ф. Морозова» (Shein V., Korobko A., Abramov D., Podrigalo M. Determination of the inclination of a road in the vehicle. Alternative energy sources in the transport-technological complex: problems and perspectives of rational use. Voronezh: FGBOU IN VLGTA them. G.F. Morozov). — 2014. — № 1. — С./P. 163—168 [in Russian].
9. Пат. 106039 UA Система для вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів, МПК G01P 15/00, G01P 3/00 (2016.01) / Подригало М.А., Абрамов Д.В., Тарасов Ю.В., Коробко А.І., Оліярник Б.О., Власюк П.С.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. — № u 2015 10857 ; заявл. 06.11.15; опубл. 11.04.16, Бюл. № 7 (Podryhalo M.A., Abramov D.V., Tarasov Yu.V., Korobko A.I., Oliyarnyk B.O., Vlasyuk P.S. (2016). 106039 UA The system to measure the movement of moving objects. IPC G01P 15/00, G01P 3/00 (2016.01). applicant Kharkiv National Automobile and Highway University. № u 2015 10857. appl. 11/06/15. publ. 04.11.16. Bull. № 7) [in Ukrainian].

Отримано / received: 23.11.2017.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. А.Т. Лебедєвим (Україна).

Prof. A. L. Lebedev, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

6'2017 • МЕТРОЛОГІЯ ТА ПРИЛАДИ • ISSN 2307-2180

УДК 621.317.1

МІЖЛАБОРАТОРНІ ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КАЛІБРУВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНОГО ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОЇ НАПРУГИ

О. Величко, доктор технічних наук, директор науково-виробничого інституту,
В. Ісаєв, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу,
ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ

Представлено результати першого раунду міжлабораторних порівнянь у підвиді електричних вимірювань — змінної напруги номінальним значенням 3 В у діапазоні частот від 20 Гц до 1 МГц. Порівняння результатів вимірювань, отриманих під час калібрування прецизійного термоелектричного перетворювача напруги ПНТЭ-6А п'ятьма лабораторіями відбувалося за радіальною схемою протягом дев'яти місяців у 2016—2017 роках. Визначено відхилення отриманих кожною лабораторією результатів та оцінено їх коректність із урахуванням невизначеності вимірювань за допомогою модифікованого критерію за статистикою функціонування для обраних частот.

The article presents the results of the first round of interlaboratory comparisons in a type of electrical measurements — an AC voltage rated at 3 V in the frequency range from 20 Hz to 1 MHz. Comparison of the measurement results obtained during the calibration of the precision thermoelectric voltage converter ПНТЭ-6А by five laboratories was done radially for nine months in 2016—2017. The deviations of the results obtained by each laboratory are determined and their correctness is evaluated taking into account the uncertainty of the measurements with the help of a modified criterion on the operation statistics for the selected frequencies.

Ключові слова: *змінна напруга, термоперетворювач напруги, результат вимірювання, невизначеність вимірювань.*
Keywords: *AC voltage, voltage thermoconverter, measurement result, measurement uncertainty.*

Міжлабораторні порівняння результатів вимірювань (МПР) — обов'язковий і невід'ємний елемент зовнішнього контролю якості отриманих результатів вимірювань (РВ) у загальній системі якості випробувальної лабораторії, який відіграє важливу роль у процесі оцінювання компетентності лабораторії як під час її атестації, так і протягом контролю її діяльності. Програму МПР розробляють з урахуванням вимог національних стандартів ДСТУ *ISO/IEC* 17025 [1], ДСТУ *EN ISO/IEC* 17043 [2], ДСТУ *ISO* 13528 [3].

О. Величко

Відповідно до стандарту ДСТУ *ISO/IEC* 17025, з метою підтвердження компетентності вимірювальних лабораторій у сфері акредитації, періодично треба проводити міжлабораторні порівняння [1, 4], а для встановлення ступеня еквівалентності між провідними лабораторіями світу, які експлуатують національні еталони (НЕ), під егідою Міжнародного бюро з мір і вагів, виконуються міждержавні звірення цих еталонів.

Не у кожній державі забезпечується зв'язок кінцевого РВ, отриманого з використанням певного засобу вимірювання, з міжнародною системою одиниць *SI*. Оскільки парк експлуатованих засобів вимірювання сягає сотень тисяч, а за деякими видами вимірювань навіть мільйонів одиниць, а кількість робочих еталонів становить сотні або тисячі одиниць, зрозумілою є проблема з дотриманням необхідного рівня невизначеності вимірювань (НВ). Очевидною є провідна роль НЕ як нерозривної ланки між системою *SI* та кожною калібрувальною лабораторією за видом вимірювань. Порівняння РВ такої лабораторії з аналогічними, отриманими на НЕ, дозволяє підтвердити їх коректність.

В. Ісаєв

© Величко О., Ісаєв В., 2017

Протягом останніх трьох десятиріч завдяки зусиллям дослідників національних метрологічних інститутів (НМІ) багатьох країн суттєво зменшено НВ під час визначення похибки компарування напруги. Зокрема, під час ключових звірень *CCEM.K*6.*a* провідними НМІ досягнуто ступінь еквівалентності НЕ, що не виходить за межі від мінус 0,6 до 0,4 мкВ/В на частоті 1 кГц та від мінус 23 до 27 мкВ/В на частоті 1 МГц [5]. При цьому максимальне значення комбінованої розширеної НВ для ступеня еквівалентності, що задокументовано, склало 100 мкВ/В на частоті 1 МГц для НМІ Південної Кореї, а мінімальне — менше від 0,6 мкВ/В на частоті 1 кГц для НМІ Канади.

Потрібно відзначити, що у 2013—2014 роках у межах проекту регіональної метрологічної організації COOMET відбулися ключові звірення *COOMET. EM-K*6.*a*, в яких взяли участь п'ять НМІ з України, РФ, Азербайджану, Білорусі та Румунії. Ці звірення засвідчили ступені еквівалентності РВ у державах в діапазоні від мінус 30,6 до 25,8 мкВ/В, а відповідні комбіновані розширені НВ — в діапазоні від 1,3 до 139 мкВ/В залежно від частоти [6]. Варто додати, що Державний первинний еталон одиниці електричної змінної напруги від 0,1 до 1000 В у діапазоні частот від 10 Гц до 1 МГц (ДЕТУ 08-07-02), застосований для отримання опорного значення похибки компарування у МПР, отримав підтвердження своїх метрологічних характеристик та калібрувальних можливостей під час зазначених звірень у межах проекту COOMET [7].

Питання компетентності калібрувальних лабораторій постають через відсутність на сьогодні в Україні проведених МПР у підвиді вимірювань електричної змінної напруги.

Мета дослідження — перевірка якості РВ в лабораторіях учасників МПР під час виконання вимірювань одиниці електричної напруги змінного струму відповідно до вимог ДСТУ *ISO/IEC* 17025 [1].

Як зразок для перевірки кваліфікації обрано прецизійний вимірювальний термоперетворювач ПНТЭ-6А (ПНТЭ-6А), схему електричну принципову якого наведено на рис. 1. Потрібно зазначити, що аналогічний ПНТЭ-6А використано як транспортований еталон під час проведення ключових звірень *COOMET.EM-K*6.*a*.

ПНТЭ-6А перетворює напругу змінного або постійного струму в термоелектричну електрорушійну силу, має об'ємну конструкцію, в якій використано одноконтактну термопару. Під час вимірювання напруги змінного струму з використанням ПНТЭ-6А здійснюється компарування цієї напруги

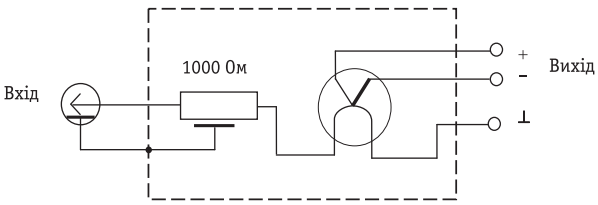


Рис. 1. Схема електрична принципова ПНТЭ-6А
Fig. 1. The electric principal scheme of ПНТЭ-6А

з напругою постійного струму. Основні характеристики ПНТЭ-6А:

- номінальна вхідна напруга: 3 В;
- номінальна вихідна термо-ЕРС: 4 мВ;
- діапазон частоти вхідної напруги: від 20 Гц до 30 МГц;
- вхідний опір: 1000 Ом;
- вихідний опір: 12 Ом;
- робочий діапазон температур: від 15 до 25 °С.

За ініціативою ДП «Укрметртестстандарт» організовано й проведено МПР за напрямом вимірювань електричної змінної напруги, які виконувалися за радіальною схемою у 2016—2017 роках. У першому раунді МПР взяли участь п'ять калібрувальних лабораторій, а координувальні функції виконувало ДП «Укрметртестстандарт».

Усі лабораторії мали дотримуватися правил роботи з ПНТЭ-6А відповідно до експлуатаційної документації під час проведення вимірювань. Програму перевірки кваліфікації реалізовано відповідно до вимог ДСТУ *EN ISO/IEC* 17043.

1 ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

1.1 Методи дослідження

Учасникам МПР пропонувалося за сім календарних днів провести вимірювання та повернути ПНТЭ-6А до ДП «Укрметртестстандарт».

Вимірювання проводилися у певних точках (не менше 30 вимірювань у кожній точці) за таких умов:

- напруга вхідного сигналу: 3 В ± 2 %;
- частота напруги вхідного сигналу: 20 Гц; 1; 20; 100 кГц та 1 МГц.

Вимірювання виконувалися за таких умов навколишнього середовища та параметрів мережі живлення:

* температура навколишнього повітря: (21,5 ± 1,5) °С;
* відносна вологість повітря: (50 ± 20) %;
* атмосферний тиск: (100 ± 2) кПа;
* напруга мережі живлення: (220 ± 10) В;
* частота мережі живлення: (50 ± 0,2) Гц.

Метод вимірювання всіма учасниками, за винятком одного, обрано у відповідності з ДСТУ 7231 [8].

Відхилення результатів вимірювання лабораторій визначалися за формулою:

$$D_{lab} = x_{lab} - X_{ref}, \quad (1)$$

де x_{lab} — значення виміреного учасником відносного відхилення переходу від напруги змінного струму до напруги постійного струму;

X_{ref} — дійсне значення відносного відхилення переходу від напруги змінного струму до напруги постійного струму, визначене як середнє арифметичне значення із значень вимірювань, виконаних референтною лабораторією.

Оцінювання результатів кожного учасника проводилося за допомогою модифікованого критерію за статистикою функціонування , який визначається за формулою:

$$E_n = \frac{x_{lab} - X_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}, \quad (2)$$

де U_{lab} — розширена невизначеність вимірювань за визначення відносного відхилення переходу від напруги змінного струму до напруги постійного струму учасником;

U_{ref} — розширена невизначеність вимірювань за визначення відносного відхилення переходу від напруги змінного струму до напруги постійного струму, що визначається за формулою:

$$U_{ref} = 2 \cdot \sqrt{u^2(X_{ref}) + u^2(X_{stab})}, \quad (3)$$

де $u(X_{ref})$ — стандартна невизначеність, отримана під час калібрування прецизійного вимірювального термоперетворювача ПНТЭ-6А референтною лабораторією за відповідної частоти (0,02, 1, 20, 100, 1000 кГц);

$u(X_{stab})$ — стандартна невизначеність від нестабільності прецизійного вимірювального термоперетворювача ПНТЭ-6А, що транспортувався, за час проведення порівнянь:

$$u(X_{stab}) = \frac{\Delta X_{max}}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

При цьому, якщо:

$|E_n| \le 1$ — результат не потребує заходів коригування або реагування;

$|E_n| > 1$ — результат потребує заходи коригування або реагування.

Таблиця 1. Результати калібрування у точці 3 В за частоти 20 Гц

Table 1. Results of the calibration at 3 V at a frequency of 20 Hz

Шифр лабораторії	*Ref*	*Lab*-1	*Lab*-2	*Lab*-3	*Lab*-4
$\gamma_{AC\text{-}DC}$	20,3	–36	31,3	41,9	–217
D_{lab}	0,0	–56,3	11,0	21,6	–237,3
U_{lab}	11	65	22,2	48,1	760
E_n	–	–0,86	0,49	0,45	–0,31

Таблиця 2. Результати калібрування у точці 3 В за частоти 1 кГц

Table 2. Results of the calibration at 3 V at a frequency of 1 kHz

Шифр лабораторії	*Ref*	*Lab*-1	*Lab*-2	*Lab*-3	*Lab*-4
$\gamma_{AC\text{-}DC}$	–1,3	–28	4,9	12,8	–50
D_{lab}	0,0	–26,7	6,2	14,1	–48,7
U_{lab}	4,5	59	6,1	8,1	760
E_n	–	–0,45	0,82	1,52	–0,06

Таблиця 3. Результати калібрування у точці 3 В за частоти 20 кГц

Table 3. Results of the calibration at 3 V at a frequency of 20 kHz

Шифр лабораторії	*Ref*	*Lab*-1	*Lab*-2	*Lab*-3	*Lab*-4
$\gamma_{AC\text{-}DC}$	3	–39	20,4	31,1	71,2
D_{lab}	0,0	–42	17,4	28,1	68,2
U_{lab}	4,5	65	19,2	28,1	3140
E_n	–	–0,64	0,88	0,99	0,02

Таблиця 4. Результати калібрування у точці 3 В за частоти 100 кГц

Table 4. Results of the calibration at 3 V at a frequency of 100 kHz

Шифр лабораторії	*Ref*	*Lab*-1	*Lab*-2	*Lab*-3	*Lab*-4
$\gamma_{AC\text{-}DC}$	14	0	25	24,2	1433
D_{lab}	0,0	–14	11	10,2	1419
U_{lab}	8,5	95	45,5	78,7	3140
E_n	–	–0,15	0,24	0,13	0,45

Таблиця 5. Результати калібрування у точці 3 В за частоти 1 МГц

Table 5. Results of the calibration at 3 V at a frequency of 1 MHz

Шифр лабораторії	*Ref*	*Lab*-1	*Lab*-2	*Lab*-3	*Lab*-4
$\gamma_{AC\text{-}DC}$	–29	–	63,4	50,1	–
D_{lab}	0,0	–	92,4	79,1	–
U_{lab}	40	–	116	203	–
E_n	–	–	0,75	0,38	–

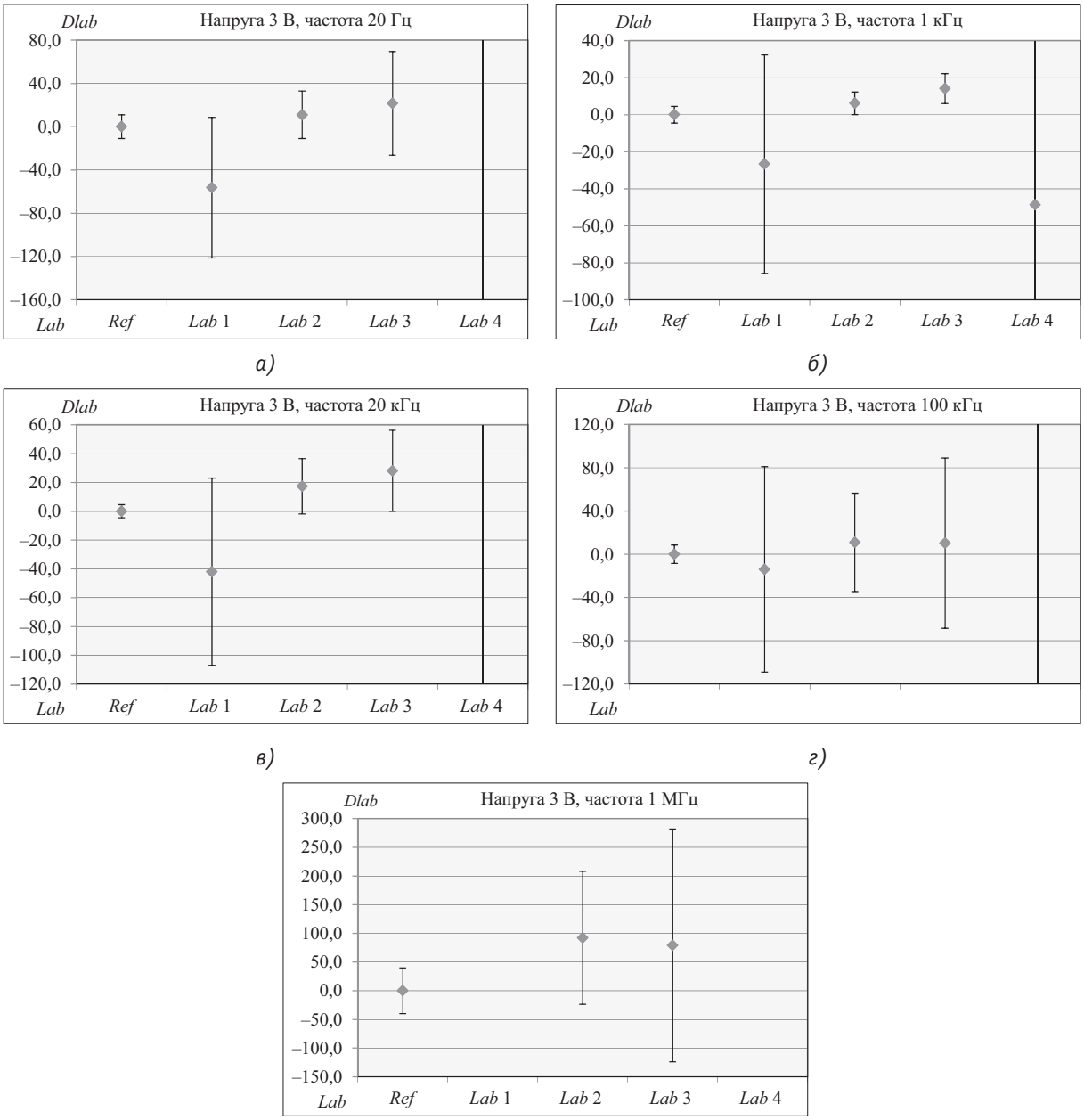


Рис. 2. Результати калібрування у точці 3 В на частоті: а) 20 Гц; б) 1кГц; в) 20 кГц; г) 100 кГц; д) 1 МГц.
Fig. 2. Calibration results at 3V at the frequency: a) 20 Hz; b) 1kHz; c) 20 kHz; d) 100 kHz; e) 1 MHz.

1.2 Результати міжлабораторного порівняння результатів вимірювань

Лабораторія державних еталонів ДП «Укрметртестстандарт» підготувала транспортований зразок порівняння, визначила його метрологічні характеристики до та після порівнянь, визначила стабільність зразка та відповідні НВ.

У таблицях 1 — 5 та на рис. 2 наведено результати порівнянь РВ під час калібрування ПНТЭ-6А (похибки компарування напруги $\gamma_{AC\text{-}DC}$, відхилення результатів вимірювання лабораторій D_{lab}, їх розширені невизначеності U_{lab} та значення критерію E_n).

2 ВИСНОВКИ

У цілому, результати МПР засвідчили достатні рівні компетентності вимірювальних лабораторій та підтвердили кваліфікації учасників у процесах виконання ними калібрувань відповідно до вимог ДСТУ *ISO/IEC* 17025, за деякими винятками. Так, лабораторії *Lab*-1 та *Lab*-4 виявилися неготовими до МПР на частоті 1 МГц за технічними обставинами, а НВ результатів *Lab*-4 значно перевищила аналогічні показники інших учасників через застосування обладнання та методу, що відрізняються від рекомендацій ДСТУ 7231. Також потрібно відзначити перевищення критерієм E_n

допустимого значення на частоті 1 кГц для лабораторії *Lab*-3. У лабораторії *Lab*-4 значення РВ суттєво відрізняються від значень референтної лабораторії, а невизначеність значно більша за значення інших лабораторій. Ця лабораторія отримала рекомендації здійснити корективи методики обчислення поправки та уточнення МХ робочого еталона.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. ДСТУ *ISO/IEC* 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (*ISO/IEC* 17025:2005, IDT). [Текст]. — Київ: Держспоживстандарт України (General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. [Text]. — K.: Derjspojivstandart of Ukraine) 2007. — 26 с/р.
2. ДСТУ *EN ISO/IEC* 17043:2014 Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки кваліфікації лабораторій (EN ISO/IEC 17043:2010, IDT). [Текст]. — Київ: Мінекономрозвитку України (Conformity assessment. General requirements for testing laboratory qualifications. [Text]. — K.: Ministry of economic development and consumer policy of Ukraine), 2014. — 21 с/р.
3. ДСТУ *ISO* 13528:2014 Статистичні методи, що застосовуються при перевірці кваліфікації лабораторії шляхом міжлабораторних порівнянь (ISO 13528:2005, IDT). [Текст]. — Київ: Мінекономрозвитку України (Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. [Text]. — K.: Ministry of economic development and consumer policy of Ukraine), 2014. — 29 с/р.
4. Calibration: Philosophy in Practice. Second Edition. [Текст]. — Everett: Fluke Corporation, 1994. — 526 p.
5. Manfred Klonz. Key Comparison of AC-DC of Voltage Transfer Standards at the lowest attainable level of uncertainty CCEM-K6a. Final Report / Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany. [Електронний ресурс (Electronic resource)] — Режим доступу (Access mode): http://kcdb.bipm.org/AppendixB/appbresults/ccem-k6.a/ccem-k6.a_final_ report.pdf — Назва з екрана (Title from the screen).
6. Oleh Velychko, Yurii Darmenko. Final Report on COOMET Key Comparison of AC/DC voltage transfer references (COOMET.EM-K6a) / SE "Ukrmeterteststandard", Ukraine. [Електронний ресурс (Electronic resource)] — Режим доступу (Access mode): http://kcdb.bipm.org/AppendixB/AppBResults/CCEM-K6.a/COOMET.EM-K6.a.pdf — Назва з екрана (Title from the screen).
7. Величко О. Міжнародні ключові звірення у рамках КООМЕТ національних еталонів одиниці напруги змінного струму / О. Величко// Метрологія та прилади. — Харків (Velychko O. International key comparison COOMET of national standard of unit of AC voltage / O. Velychko// Metrology and devices. — Kharkiv). 2017 — № 1(63) — С./Р. 11—19.
8. ДСТУ 7231:2011 Метрологія. Перетворювачі та компаратори термоелектричні еталонні. Методика повірки (калібрування). [Текст]. — К.: Держспоживстандарт України (Metrology. Reference thermoelectric converter and comparator. Methods of verification (calibration). [Text]. — K.: Derjspojivstandart of Ukraine). — 14 с/р.

Отримано / received: 11.08.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л.В. Коломійцем (Україна).
Prof. L.V. Kolomyets, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

УДК 006.3:681.1

СУЧАСНА МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ЗВТ ВИТРАТИ

В. Большаков, доктор технічних наук, Віце-президент Академії метрології України, м. Харків,
Н. Косач, доктор технічних наук, професор,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Представлено нормативно-законодавчі й методологічні засади оцінювання відповідності засобів вимірювання витрати речовин, зокрема, лічильників води й газу, які є легітимними на сьогодні в Україні. Показано, що ці засади є демократичними і гармонізованими з Європейськими нормами, практиками.

The article considers the normative-legislative and methodological principles for the conformity assessment of the measuring devices of the flowrate of substances, in particular of water and gas meters, which are legitimate in Ukraine now. It is shown that these principles are democratic and harmonized with European norms and practices.

Ключові слова: *відповідність, засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), лічильники, призначений орган, модулі відповідності.*
Keywords: *conformity, means of measuring equipment (MME), counters, designated body, conformity modules.*

У 2015 році прийнято Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», який набув чинності з 10.02.2016 й у якому визначено правові й організаційні засади розробляння, прийняття й застосування технічних регламентів і передбачених ними процедур оцінювання відповідності, зокрема, добровільного [1].

Із цього часу законодавство стосовно оцінювання відповідності продукції базується на таких нормативних документах [1–3]:

- Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» від 15.01.2015 № 124-VII,
- Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 № 94,
- Технічний регламент засобів вимірювальної техніки, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 163,

а також міжнародних договорах України, згоду на обов'язковість виконання яких надала Верховна Рада України, нормативно-правових актах, що регулюють відносини у цій сфері.

В. Большаков

Раніше процедури оцінювання відповідності регламентувалися ДСТУ 3400:2006 «Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення і розгляд результатів» та ДСТУ 3215-95 «Метрологія. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення», які втратили чинність з 29.03.2017 згідно з Наказом ДП «УкрНДНЦ» від 10.03.2017 № 39.

Н. Косач

Відмінність нової методології оцінювання відповідності від діючої раніше, зарегульованої державою й здійснюваної виключно призначеними уповноваженими метрологічними центрами і територіальними органами, а також спеціально створеними державними комісіями за квазітиповими програмами, у першу чергу в тому, що

© Большаков В., Косач Н., 2017

виробник продукції або його уповноважений представник **самостійно:**

▪ **складає декларацію про відповідність** виробленої продукції всім вимогам, застосовним до неї та визначеним у відповідних технічних регламентах (ТР), положеннях відповідних національних стандартів та нормативних документів Міжнародної організації законодавчої метрології (*OIML*), зазначених у цих ТР;

▪ **обирає призначений орган** — орган з оцінювання відповідності, призначений Центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику в сфері технічного регулювання, для виконання ним як третьою незалежною стороною перевірки декларації й продукції на відповідність ТР [4] згідно з Порядком [5].

Цей Порядок визначає процедуру надання або відмови у наданні, переоформлення, надання дубліката, розширення та обмеження сфери призначення, тимчасового припинення і поновлення дії та анулювання рішення про призначення органу з оцінення відповідності на проведення оцінювання відповідності вимогам відповідного ТР та рішення про призначення визнаної незалежної організації на проведення оцінювання відповідності технології виконання нерознімних з'єднань, персоналу, який виконує нерознімні з'єднання, та/або персоналу, який здійснює неруйнівний контроль, згідно з ТР щодо обладнання, яке працює під тиском.

ТР для ЗВТ регламентують суттєві вимоги до цієї продукції й процедури оцінювання її відповідності встановленим вимогам.

Потрібно відзначити, що процедури оцінювання відповідності, застосування яких передбачено цими ТР для широкого кола типів ЗВТ, що експлуатуються в Україні, реалізовано як відповідні **модулі оцінювання**, які розроблено й застосовуються на основі принципів, визначених Угодою Світової організації торгівлі (СОТ) про технічні бар'єри у торгівлі, що є додатком до Марракеської угоди про заснування СОТ 1994 року, та затверджених Кабінетом Міністрів України.

Зокрема, вимоги та процедури оцінювання лічильників води й газу, одних із найбільш затребуваних й поширених на сьогодні ЗВТ витрати в Україні й розгляд яких є предметом цієї роботи, регламентуються комбінаціями **модулів *B* + *F*** або ***B* + *D*** або модулем ***H*1** [3].

Модуль *B*: Перевірка типу — частина процедури оцінювання відповідності, згідно з якою призначений орган досліджує технічний проект ЗВТ, перевіряє і підтверджує його відповідність застосованим вимогам ТР. Перевірка типу проводиться в один зі способів, наведених у ТР. Рішення щодо відповідного способу перевірки типу та необхідної кількості зразків для цього приймає призначений орган.

Модуль *F*: Перевірка відповідності типу за результатами перевірки ЗВТ — частина процедури оцінювання відповідності, згідно з якою виробник повинен:

▲ вживати заходи, необхідні для забезпечення однорідності партій виготовлених ЗВТ (надавати такі засоби для перевірки у виді однорідних партій) та перевірки відповідності виготовлених ЗВТ затвердженому типу, описаному в сертифікаті перевірки типу, й складеної декларації про відповідність застосованим вимогам ТР;

▲ наносити знак відповідності й додаткове метрологічне маркування, передбачені ТР, та ідентифікаційний номер призначеного органу на кожний окремий ЗВТ, який відповідає затвердженому типу.

Треба підкреслити, що

▶ вибірку ЗВТ для перевірки відбирають із кожної партії згідно зі статистичною процедурою, яку складають відповідно до вимог ТР і рекомендацій. Усі ЗВТ у виборці повинні бути індивідуально досліджені шляхом проведення випробувань, передбачених відповідними національними стандартами із переліку чинних національних стандартів та/або нормативними документами *OIML*, та/або еквівалентних випробувань, передбачених іншими певними технічними специфікаціями;

▶ виробник шляхом складання декларації й нанесення знаку відповідності на виготовлений ЗВТ бере виключно на себе відповідальність за його відповідність усім вимогам, які застосовуються до таких засобів і визначені у певних ТР.

Модуль *D*: Перевірка відповідності типу шляхом забезпечення якості виробничого процесу — частина процедури відповідності, згідно з якою виробник показує, що для виробництва, контролю готової продукції та випробувань відповідних ЗВТ застосовується схвалена на відповідність ДСТУ *ISO* 9001:2015 [6] система управляння якістю (СУЯ), чим і гарантує відповідність ЗВТ вимогам певних ТР.

Модуль *H*1: Перевірка відповідності на основі цілковитого забезпечення якості за експертизи проекту — процедура оцінювання відповідності, згідно з якою виробник повинен довести, що застосовує для проектування, виробництва, контролю готової продукції та випробувань відповідних ЗВТ схвалену СУЯ, що є гарантією якості виготовлених ЗВТ не тільки під час випуску з виробництва, але й у процесі їх експлуатації; піддає нагляду схвалену СУЯ [6] та експертизі технічний проект ЗВТ на адекватність.

Таблиця 1. Вимоги та процедури оцінювання відповідності за модулями B + F

Table 1. Requirements and procedures for conformity assessment for modules B + F

B	F
1. Дослідження зразка, що представляє комплектний ЗВТ, запланований для виробництва (виготовлений типовий зразок), **або** 2. Оцінювання адекватності технічного проекту ЗВТ шляхом проведення експертизи технічної документації (ТД) та підтвердних документів, визначених у пункті 16 додатка 2 ТР [3], та дослідження зразків одного або кількох критичних компонентів ЗВТ, передбаченого для виробництва (поєднання виготовленого типового зразка і проекту типового зразка), **або** 3. Оцінювання адекватності технічного проекту ЗВТ шляхом проведення експертизи ТД та підтвердних документів, визначених у пункті 16 додатка 2 ТР [3], без дослідження зразка (проекту типового зразка)	1. Перевірка відповідності шляхом досліджень та випробувань кожного ЗВТ, передбачених відповідними національними стандартами із переліку національних стандартів та/або НД OIML, та/або еквівалентних випробувань, передбачених іншими відповідними технічними специфікаціями, з метою перевірки відповідності ЗВТ затвердженому типу, описаному в сертифікаті перевірки типу, та застосовним вимогам ТР, **або** 2. Статистична перевірка відповідності: * базується на характеристиках якості ЗВТ; * система відбору зразків ЗВТ повинна забезпечувати: ◆ рівень якості 95 % імовірності приймання з невідповідністю, меншою від 1 %, ◆ граничне значення якості 5 % імовірності приймання з невідповідністю, меншою від 7 %

За експертизи проекту зазначаються відомості стосовно конструкції, процесу виготовлення, функціонування ЗВТ й результатів оцінювання відповідності застосовним вимогам ТР.

У таблицях 1—2 представлено комбінації модулів, рекомендованих для оцінювання відповідності лічильників води й газу.

Автоматизовані системи контролю й обліку енергетичних і матеріальних ресурсів (електричної та теплової енергії, газу, води, нафтопродуктів тощо) для електромеханічних й електронних систем або систем, що містять програмний продукт, підпадають під дію Технічних регламентів [2, 7] і Директив ЄС [8, 9] й оцінювання їх відповідності здійснюється за модулями *F*1 або *G*.

Модуль *F*1: Відповідність за результатами перевірки ЗВТ — процедура оцінки відповідності, за допомогою якої виробник виконує зобов'язання щодо розробляння та виготовлення ЗВТ, а також гарантує і заявляє під свою виключну відповідальність, що відповідні ЗВТ, які пройшли перевірку, відповідають вимогам ТР, які застосовуються до них.

Призначений орган, обраний виробником, проводить відповідні дослідження і випробування (або

Таблиця 2. Вимоги та процедури оцінювання відповідності за модулями B + D

Table 2. Requirements and procedures for conformity assessment for modules B + D

B	D
1. Дослідження зразка, що є комплектним ЗВТ, запланованим для виробництва (виготовленого типового зразка), **або** 2. Оцінювання адекватності технічного проекту ЗВТ шляхом проведення експертизи ТД та підтвердних документів, визначених у пункті 16 додатка 2 [3], та дослідження зразків одного або кількох критичних компонентів ЗВТ, передбаченого для виробництва (поєднання виготовленого типового зразка і проекту типового зразка), **або** 3. Оцінювання адекватності технічного проекту ЗВТ шляхом проведення експертизи ТД та підтвердних документів, визначених у пункті 16 додатка 2 ТР [3], без дослідження зразка (проекту типового зразка)	1) Оцінювання СУЯ стосовно відповідних ЗВТ на відповідність ДСТУ *ISO* 9001:2015 **та** 2) Гарантія і заява виробника, що ЗВТ відповідають типу, описаному в сертифікаті перевірки типу, і застосовним вимогам ТР

доручає їх проведення) з метою перевірки відповідності ЗВТ вимогам ТР.

Дослідження і випробування з метою перевірки відповідності ЗВТ вимогам, що застосовуються, проводяться **за вибором виробника** або шляхом проведення досліджень і випробувань кожного засобу вимірювальної техніки або ж шляхом проведення досліджень та випробувань ЗВТ на основі статистичної перевірки відповідності.

Треба відзначити, що, під час перевірки відповідності шляхом дослідження та випробування кожного ЗВТ, вони повинні бути індивідуально досліджені та піддані встановленим у відповідних національних стандартах із переліку національних стандартів випробуванням та/або рівнозначним випробуванням, установленим у відповідних технічних специфікаціях, з метою їх перевірки вимогам, які до них застосовуються.

За відсутності національного стандарту або технічної специфікації рішення щодо проведення випробувань приймається відповідним призначеним органом.

У процесі статистичної перевірки відповідності виробник повинен уживати всі заходи, необхідні для того, щоби виробничий процес забезпечував однорідність кожної виробленої партії, та надавати свої ЗВТ для перевірки у формі однорідних партій. Статистична перевірка відповідності базується на характеристиках якості ЗВТ, за якої зразки відбираються випадковим способом із кожної партії ЗВТ згідно з вимогами:

▼ рівень якості, що відповідає ймовірності приймання 95 %, з показником невідповідності, меншим від 1 %;

▼ граничне значення якості, що відповідає ймовірності приймання 5 %, з показником невідповідності, меншим від 7 %.

Усі відібрані ЗВТ повинні бути індивідуально досліджені та піддані встановленим у відповідних національних стандартах із переліку національних стандартів випробуванням та/або ж рівнозначним випробуванням, установленим у відповідних технічних специфікаціях, з метою перевірки відповідності ЗВТ вимогам ТР, що застосовуються до них, а також схвалення рішення щодо прийняття чи відхилення зазначеної партії ЗВТ. За відсутності національного стандарту або технічної специфікації рішення щодо проведення випробувань приймається відповідним призначеним органом.

У разі прийняття партії всі ЗВТ такої партії вважаються такими, що пройшли перевірку, окрім тих ЗВТ із вибірки, які не пройшли випробування.

У разі, коли партію не прийнято, призначений орган повинен ужити відповідні заходи для запобігання введенню такої партії в обіг. У разі частого повторювання неприйняття партій призначений орган може зупинити проведення статистичної перевірки відповідності та вжити належні заходи.

Модуль *G*: Відповідність за результатами перевірки кожного окремого ЗВТ — процедура оцінки відповідності, за допомогою якої виробник виконує зобов'язання щодо розробляння та виготовлення, а також гарантує і заявляє під свою виключну відповідальність, що відповідний ЗВТ, який пройшов перевірку, відповідає вимогам ТР, що застосовуються до нього.

Призначений орган, обраний виробником, проводить дослідження і випробування (або доручає їх проведення відповідним акредитованим лабораторіям), передбачені відповідними національними стандартами із переліку національних стандартів та/або іншими відповідними технічними специфікаціями, з метою перевірки відповідності ЗВТ вимогам ТР, що застосовуються. За відсутності національного стандарту або технічної специфікації призначений орган приймає рішення щодо випробувань, які повинні бути проведені.

Особливу увагу треба звернути на вимоги до Технічної документації (ТД) та виробництво ЗВТ.

Виробник повинен розробляти таку ТД, яка надає можливість проводити оцінювання відповідності ЗВТ відповідним вимогам та містить результати аналізу та оцінювання ризиків. Вона повинна визначати вимоги, які застосовуються, і містити відомості стосовно конструкції, виробництва та роботи ЗВТ тією мірою, за якої це необхідно для проведення оцінювання, й зберігатися протягом 10 років після введення ЗВТ в обіг для подання її на запити органів ринкового нагляду.

Щодо виробництва, то виробник повинен уживати заходи, необхідні для того, щоби виробничий процес і контроль за ним забезпечували відповідність виготовлених ЗВТ вимогам ТР, що застосовуються до них.

Після успішних випробувань за будь-якими модулями призначений орган видає сертифікат відповідності стосовно проведених досліджень та випробувань і наносить свій ідентифікаційний номер на кожний перевірений ЗВТ або доручає виробнику його нанесення під свою відповідальність.

Виробник повинен зберігати сертифікат відповідності протягом 10 років після введення ЗВТ в обіг для подання його органам ринкового нагляду.

Також виробник наносить знак відповідності й додаткове метрологічне маркування, встановле-

ні в ТР, і під відповідальність призначеного органу його ідентифікаційний номер на кожний окремий ЗВТ, який відповідає вимогам ТР, що застосовуються до нього.

Виробник складає письмову декларацію про відповідність для кожної модифікації ЗВТ і зберігає її протягом 10 років після введення ЗВТ в обіг для подання її органам ринкового нагляду. Декларація про відповідність повинна ідентифікувати модифікацію ЗВТ, для якої вона складена.

Копія декларації про відповідність повинна бути доступна для відповідних органів виконавчої влади на їх запит і поставлятися з кожним ЗВТ, який уводиться в обіг. Водночас, у разі, коли одному споживачу (користувачу) поставляється велика кількість ЗВТ, дозволяється копію декларації про відповідність поставляти з партією зазначених засобів.

Оцінювання відповідності за модулями *D*, *F*, *F*1 або *G* може проводитися на підприємстві-виробнику або у будь-яких інших місцях, якщо транспортування до місця використання не вимагає розбирання ЗВТ, а також, якщо введення в експлуатацію на місці використання не вимагає його збирання або інших робіт з технічного монтажу, які ймовірно матимуть вплив на роботу ЗВТ, і якщо правильне функціонування ЗВТ залежить від умов його установлення або використання. В усіх інших випадках оцінювання відповідності повинно проводитися в місці використання ЗВТ.

У разі, коли робота ЗВТ залежить від умов його установлення або використання, оцінювання відповідності може проводитися у два етапи, при цьому другий етап виконується на місці використання ЗВТ і включає всі перевірки та випробування, результати яких залежать від умов його установлення або використання, а перший етап — усі інші перевірки та випробування.

Маркування знаком відповідності та додаткове метрологічне маркування повинно наноситися на ЗВТ після закінчення другого етапу разом з ідентифікаційним номером призначеного органу, залученого до другого етапу.

У процесі вибору процедури оцінювання відповідності (модулів) виробник повинен керуватися як типом свого виробництва (серійне, малі партії або одиничне), так і метою просування своєї продукції на світовому ринку. Так, наприклад, обирати модуль *H*1 рекомендується для оцінювання відповідності ЗВТ витрати, які виготовляються серійно, починаючи з їх проектування (розробляння). Оцінювання відповідності за процедурою *B* + *F* рекомендується для ЗВТ витрати, які виготовляються в одиничному екземплярі, наприклад, витратомірних установок. Оцінювання відповідності за процедурою *B* + *D* найбільш підходить для ЗВТ витрати, які виготовляються малими партіями.

Але, незалежно від того, яку процедуру виробник обрав для оцінювання відповідності ЗВТ витрати, які виробляє, він повинен гарантувати, що вони відповідають застосовним вимогам певних ТР, зокрема, вимозі щодо діапазону та похибки вимірювання, які визначаються під час їх калібрування, відносно чого і заявляє під свою виключну відповідальність.

Методики калібрування ЗВТ витрати визначають у їх нормативних документах разом із процедурою оцінювання невизначеності вимірювання під час їх калібрування, які повинні враховувати вимоги, регламентовані у документі *EA*-4/02 *M*:2013 [10] та стандартах ДСТУ *ISO* 5168:2013, ДСТУ *ISO* 7066-1:2007 та ДСТУ *ISO* 7066-2:2007 [11–13], гармонізованих з європейськими, й їх кваліфіковане застосування є гарантією легітимності результатів калібрування ЗВТ витрати.

Отже, можна констатувати, що на сьогодні в Україні діє демократична, гармонізована з Європейськими нормами методологія визнання (оцінювання відповідності) ЗВТ витрати і, зокрема, лічильників води та газу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України № 124-VII від 15.01.2015 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/124-19.
2. Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки : Постанова Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 № 94 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF.
3. Про затвердження Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки : Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 163 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/163-2016-%D0%BF.
4. Реєстр призначених органів з оцінки відповідності (ООВ) вимогам технічних регламентів // База даних Мінекономрозвитку України / URL: http://www.me.gov.ua/ Documents/Detail?lang=uk-UA&id=95f429b5-7a93-4fd3-b8e8-b84b52194afc&title= RestrPriznache nikhOrganivZOtsinkiVidpovidnosti-oov-VimogamTekhnichnikhReglamentiv.

5. Про затвердження Порядку видачі або відмови у видачі рішення про призначення, його переоформлення та видачі його дубліката, розширення та обмеження сфери призначення, тимчасового припинення і поновлення дії рішення про призначення та анулювання такого рішення та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України від 27 січня 2016 р. № 96 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/96-2016-%D0%BF.
6. ДСТУ *ISO* 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Системи управління якістю. Вимоги. — Чинний від 2016-07-01. — Київ: ДП «УкрНДНЦ» (DSTU *ISO* 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) Quality management systems. Requirements. — Date of introduction 2016-07-01. — Kyjv: DP «UkrNDNC»), — 2016. — 30с /р.
7. Про затвердження Технічного регламенту з електромагнітної сумісності обладнання: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2015 № 1077 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1077-2015-%D0%BF/paran13#n13.
8. Directive 2014/32/EU of the European Parliament and of the council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of measuring instruments (recast) (Ел. ресурс) // Official Journal of the European Union. — 29.3.2014. L 96/149 — 96/149 Режим доступу: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/ PDF/?uri=CELEX:32014L0032&from=EN/.
9. Directive 2014/30/EU of the European Parliament and of the council of 26 February 2014 on the harmonization of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (recast) [Електронний ресурс] // Official Journal of the European Union. — 29.3.2014 L 96/79 — L 96/79 Urll: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0030&from=EN.
10. EA-4/02 M:2013 Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration [Електронний ресурс] // European accreditation, 2013. — 75 p. — Режим доступу: http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m-rev01--september-2013 (EA-4/02M:2013 Вираз невизначеності вимірювання при калібруванні [Електронний ресурс], — Електронні дані. — Київ: НААУ, 2013. — 75 с. — Режим доступу: https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4_02.pdf).
11. ДСТУ *ISO* 5168:2013 Вимірювання витрати плинного середовища. Методики оцінювання невизначеності (ISO 5168:2005, IDT). — Чинний від 2014-07-01. — Київ: Держспоживстандарт України, (DSTU ISO 5168:2013 Measurement of fluid flow. Procedures for the evaluation of uncertainties. — Date of introduction 2014-07-01. — Kyjv: Derzhspozhyvstandard Ukraina), — 2013. — 55 с/р.
12. ДСТУ *ISO*/TR 7066-1:2007 Оцінення невизначеності під час калібрування та застосування приладів вимірювання витрати. Частина 1. Лінійні калібрувальні характеристики (ISO/TR 7066-1:1997, IDT) — Чинний від 2009-01-01. — Київ: Держспоживстандарт України (ДСТУ ISO/TR 7066-1:2007 Assessment of uncertainty in calibration and use of flow measurement devices. Part 1. Linear calibration relationships — Date of introduction 2009-01-01. — Kyjv: Derzhspozhyvstandard Ukraina), — 2008. — 28 с/р.
13. ДСТУ *ISO* 7066-2:2007 Оцінення невизначеності під час калібрування та застосування приладів вимірювання витрати. Частина 2. Нелінійні калібрувальні характеристики (ISO 7066-1:1988, IDT) — Чинний від 2009-01-01. — Київ: Держспоживстандарт України (ДСТУ ISO 7066-2:2007 Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices. Part 2. Non-linear calibration relationships — Date of introduction 2009-01-01. — Kyjv: Derzhspozhyvstandard Ukraina), — 2008. — 34 с/р.

Отримано / received: 03.12.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л.О. Кошевою (Україна).
Prof. L.O. Kosheva, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

УДК 53.089.68:543.27

МЕТРОЛОГІЧНА ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ВМІСТУ КОМПОНЕНТІВ У ГАЗОВИХ СУМІШАХ

М. Рожнов, кандидат хімічних наук, заступник директора науково-виробничого інституту,
Д. Мельник, начальник науково-дослідного відділу,
О. Левбарг, начальник науково-дослідної лабораторії,
ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ

Розроблено ланцюг метрологічної простежуваності результатів вимірювання молярної частки компонентів у газових сумішах. Реалізація в Україні міжнародної системи метрологічної простежуваності для цього виду вимірювань дозволить значно поліпшити якість вимірювань.

Metrological traceability chain is developed for measurement results of an amount-of-substance fraction of gas mixtures components. Realisation in Ukraine of the international system of the metrological traceability chain for this kind of measurements should allow to improve significantly the quality of measurements.

Ключові слова: *газова суміш, молярна частка, повірочна схема, стандартні зразки, еталони, гравіметричний метод готування, метрологічна простежуваність.*
Keywords: *gas mixture, mole fraction, verification scheme, reference materials, measurement standards, gravimetric preparation, metrological traceability.*

М. Рожнов

Д. Мельник

О. Левбарг

Єдність вимірювання — необхідна умова застосування результатів вимірювання у науковій та виробничій діяльності. Науково-технічною основою забезпечення єдності вимірювання є національна еталонна база і система передавання розміру одиниць вимірювання. Практично єдність вимірювання реалізують через відтворювання конкретної фізичної величини за допомогою еталона і передавання від нього розміру одиниці решті засобів вимірювання цієї величини.

Основою еталонної бази забезпечення єдності вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах є газові суміші відомого складу в балонах під тиском, які готують гравіметричним методом, зважуючи та змішуючи окремі порції чистих газів [1, 2]. Процес готування сумішей із чистих речовин гравіметричним методом є в хімічній метрології фундаментальним процесом. Газові суміші, приготовані гравіметричним методом, відносять до стандартних зразків, вони відіграють роль еталонів та калібраторів, й їх застосовують для калібрування засобів вимірювання та контролювання правильності вимірювання.

Коли готують суміші гравіметричним методом, відношення мас компонентів перетворюють у відношення кількостей речовини, що є метрологічно простежуваними до похідної когерентної одиниці *SI* «моль/моль» для роду величин «молярна частка». [3]

Склад гравіметрично приготованих газових сумішей виражають через молярну частку компонентів x_i, яку обчислюють діленням кількості речовини компонента i на суму кількостей речовини всіх компонентів суміші. Модель вимірювання для молярної частки компонента i наведено в [1, 2]:

© Рожнов М., Мельник Д., Левбарг О., 2017

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^{r}\left(x_{i,j} \times m_j \Big/ \sum_{i=1}^{q} x_{i,j} \times M_i\right)}{\sum_{j=1}^{r}\left(m_j \Big/ \sum_{i=1}^{q} x_{i,j} \times M_i\right)},$$

де $i = 1, 2, \ldots, q$ — познаки компонентів (включаючи кількісно оцінені домішки), $j = 1, 2, \ldots, r$ — познаки вихідних газів, які використовують для готування суміші, m_j — маса вихідного газу j, уведеного під час готування суміші, M_i — молярна маса компонента i, $x_{i,j}$ — молярна частка компонента i у вихідному газі j.

Рівняння вимірювання охоплює всі відомі чинники, і всі члени рівняння повністю виражено в одиницях *SI*, тому результати, отримані за допомогою цього рівняння, простежувані до системи одиниць *SI*, тобто газові суміші, що їх готують відповідно до [1], простежувані прямо до одиниць системи *SI*.

У СРСР у середині 30 років законодавчо була прийнята система передавання розміру одиниці фізичної величини від еталона до робочих ЗВТ, заснована на повірочних схемах [4].

Перші проекти повірочних схем для засобів вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах розроблені в СРСР у ВНДІМ ім. Д.І. Менделєєва (С-Петербург) та в ДП «Укрметртестстандарт» [5—7] і охоплювали вимірювання вмісту лише основних промислово важливих газів (CO, CO_2, CH_4, O_2, H_2) в діапазоні молярної частки (1…99) %.

Перший стандарт України на повірочну схему для засобів вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах ДСТУ 3214-95 [8] та перший Державний первинний еталон одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах ДЕТУ 05-01-95 створені в ДП «Укрметртестстандарт» у результаті виконання комплексу фундаментальних та прикладних метрологічних робіт протягом 1980—1995 років.

Еталон давав можливість відтворювати одиницю молярної частки 11 компонентів у діапазоні ($5{,}0 \cdot 10^{-5}$…99,9) % з відносним середнім квадратичним відхиленням (СКВ) результату вимірювання ($0{,}4$…$2{,}0 \cdot 10^{-3}$) % і невилученою відносною систематичною похибкою (НСП) ($1{,}4$…$2{,}0 \cdot 10^{-3}$) %.

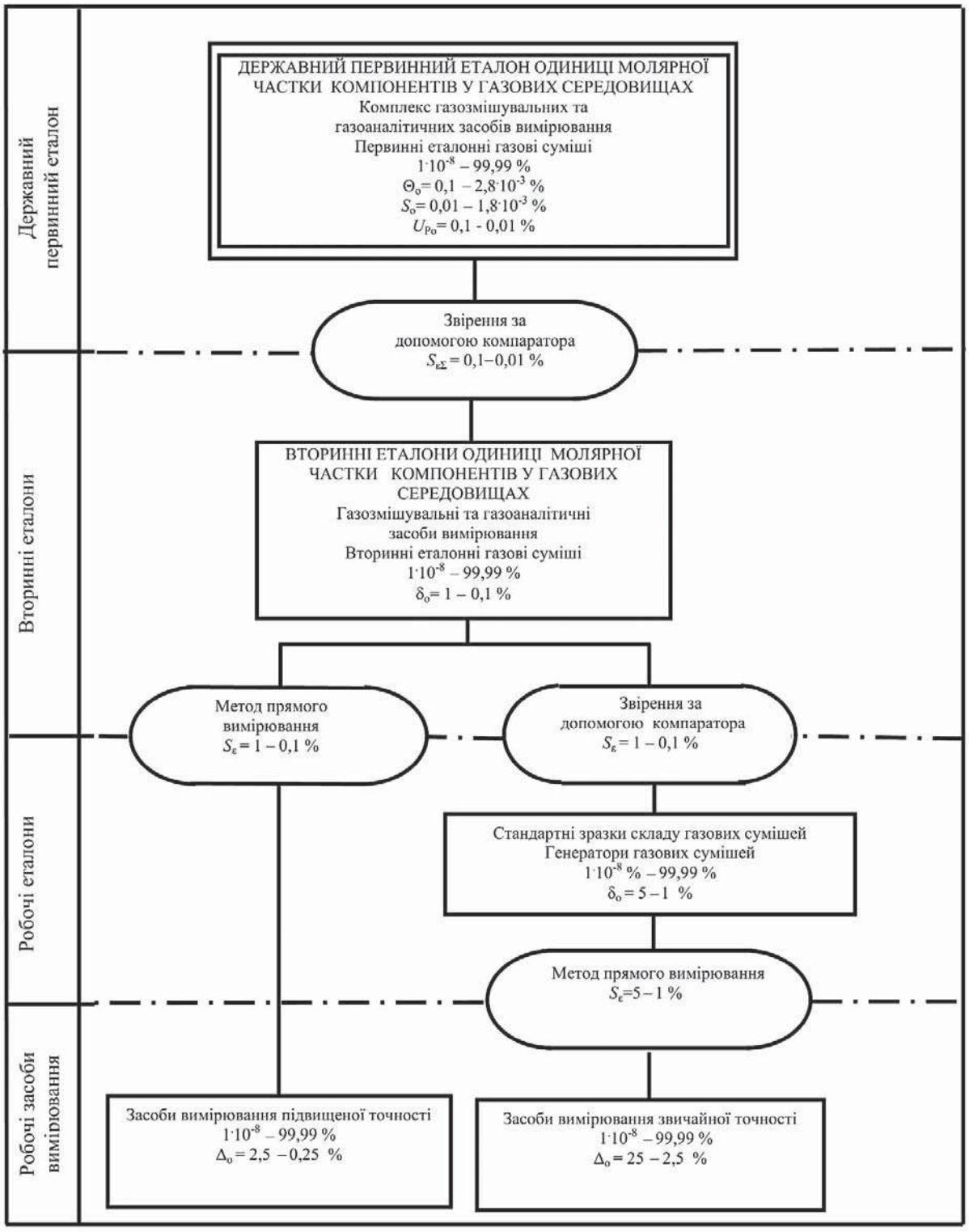
У зв'язку з потребою збільшити кількість визначуваних компонентів газових середовищ, підвищити точність вимірювання та розширити діапазон вимірювання у сферу малих значень вмісту компонентів у 2003 році виконано першу модернізацію еталона [9]. На заміну ДСТУ 3214-95 розроблено новий стандарт ДСТУ 3214-2003 [10]. Після модернізації Державний первинний еталон ДЕТУ 05-01-2003 забезпечував відтворювання одиниці молярної частки 33 компонентів у діапазоні молярної частки ($1{,}0 \cdot 10^{-7}$…99,9) % з розширеною невизначеністю (3,5…0,01) %. Еталон представлено спеціалістам Технічного комітету *ISO/TC* 158 «Аналіз газів» під час його засідання у Києві в травні 2004 року та учасникам Міжнародного симпозіуму з аналізу газів у грудні 2004 року в Амстердамі.

У 2008—2013 роках в усіх промислово розвинених країнах також модернізували первинні еталони, і в результаті еталони Нідерландів (*NMI*), Великобританії (*NPL*), Німеччини (*BAM*), США (*NIST*), Росії (ВНДІМ ім. Д.І. Менделєєва) почали відтворювати одиницю молярної частки (50—80) компонентів у діапазоні ($5 \cdot 10^{-8}$…99,9) % з відносною розширеною невизначеністю (0,1…0,01) %. У зв'язку з цим, згідно з Державною програмою розвитку еталонної бази України, у 2011—2015 роках проведено другу модернізацію еталона України, розширено діапазон відтворювання молярної частки компонентів до ($1 \cdot 10^{-8}$…99,99) %, збільшено кількість компонентів, вміст яких відтворює еталон, до 59, досягнуто відносної невизначеності результатів відтворювання одиниці молярної частки компонентів на рівні (0,1…0,01) %. Державний первинний еталон внесено до Реєстру державних еталонів як Національний первинний еталон одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах під шифром ДЕТУ 05-01-15.

Розроблено та набрав чинності з 01.01.2016 новий стандарт ДСТУ 3214:2015 [11]. У стандарті подано повірочну схему (рис. 1), еталони та основні засоби вимірювання, що входять до їх складу, методи повірки, похибки відтворювання та передавання розміру одиниці молярної частки, діапазони значень молярної частки компонентів у газових середовищах, в яких відтворюють одиницю, перелік і метрологічні характеристики первинних еталонних газових сумішей (176 типів).

Повірочна схема містить три поля еталонів та одне поле робочих засобів вимірювання. Первинний та вторинні еталони складаються із комплексів первинних та вторинних еталонних газових сумішей, гравіметричних комплексів та комплексів еталонних газоаналітичних компараторів. Як робочі еталони використовують робочі еталонні газові суміші та генератори газових сумішей. Первинний еталон відтворює та зберігає одиницю молярної частки компонентів у газових середовищах і передає розмір одиниці вторинним еталонам. Значення відтворюваних одиниць молярної частки відтворюють

за допомогою первинної референтної методики вимірювання. Розмір одиниці відтворює тільки первинний еталон, і тільки від первинного еталона розмір одиниці послідовно передають решті еталонів і засобів вимірювання. Отже, повірочна схема є метрологічним документом, що встановлює метрологічну підпорядкованість еталонів і ЗВТ, методи і точність передавання розміру одиниці від



Δ_o – границі допустимої відносної похибки, δ_o – довірча відносна похибка, Θ_o – границя невиключеної систематичної відносної похибки еталона, S_o – відносне середнє квадратичне відхилення (СКВ) результату вимірювання, $S_{\varepsilon\Sigma}$ – відносне СКВ результату вимірювання під час передавання розміру одиниці від первинного еталона вторинному еталону; S_ε – відносне СКВ випадкової похибки засобу і методу передавання розміру одиниці, U_{Po} – відносна розширена невизначеність

Рис. 1. Державна повірочна схема для засобів вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах

Fig. 1. State verification chart for the measuring instruments intended to measure components content in gaseous media

еталонів усім засобам вимірювання. Відповідно до повірочної схеми, що є офіційно прийнятим документом, значення вмісту компонента в газовій суміші можна визначати тільки через компарування з еталоном вищого рівня, а значення, отримані за даними гравіметричної процедури готування, не використовують.

Система передавання розміру одиниць на основі повірочної схеми виключає можливість приготування сумішей та відтворення одиниці молярної частки компонентів гравіметричним методом на полях нижче первинного еталона. Очолюють повірочну схему первинні еталонні газові суміші (ПЕГС), але не менш важливу роль у системі передавання розміру одиниці молярної частки відіграють вторинні еталонні газові суміші (ВЕГС), за допомогою яких безпосередньо калібрують робочі еталонні газові суміші (РЕГС) та найточніші робочі засоби вимірювання складу газових середовищ; також ВЕГС відіграють роль еталонів порівняння у міжнародних звіреннях ПЕГС. Процедура передавання розміру одиниці молярної частки від первинного еталона вторинному потребує декількох ПЕГС. У зв'язку з тим, що виробництво ПЕГС обмежене, з розвитком ана-

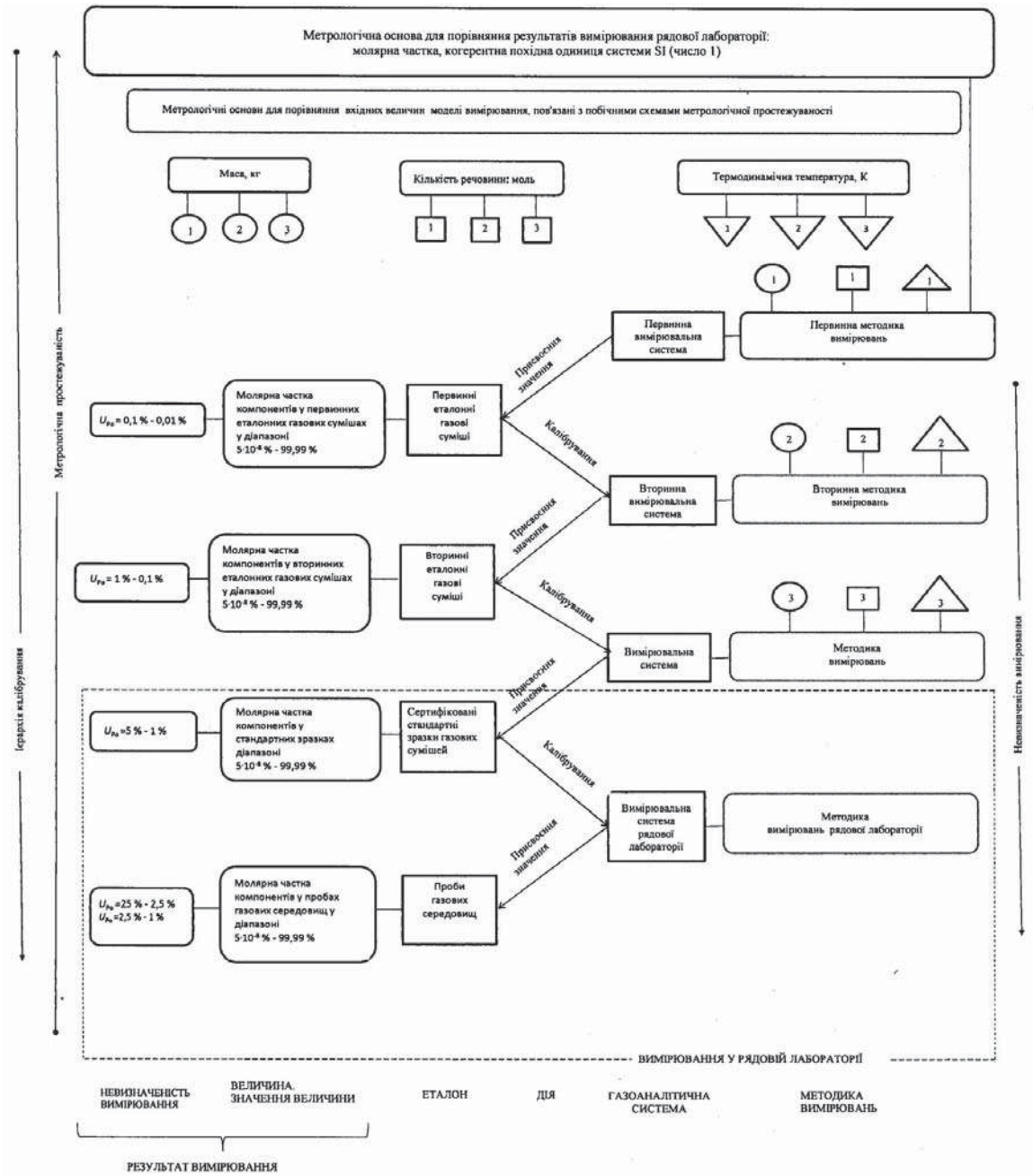


Рис. 2. Ланцюг метрологічної простежуваності результатів вимірювання молярної частки компонентів у газових сумішах

Fig. 2. Metrological traceability chain for measurement results of an amount-of-substance fraction of gas mixtures components

літичних вимірювань забезпечити виробництво достатньої кількості ВЕГС таким шляхом стало неможливим. Зростання кількості приладів і підвищення вимог до їхньої точності призвело до неможливості забезпечити їх обов'язкову повірку із використанням системи передавання розміру одиниці молярної частки на основі повірочних схем. Прийнятий протягом багатьох років принцип відтворювання і передавання розміру одиниць, що базувався на повірочних схемах [12], на сучасному етапі розвитку промисловості вже нездатний якісно забезпечити єдність вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах.

На міжнародному рівні прийнята та багато років розвивається система передавання розміру одиниці молярної частки компонентів у газових сумішах, заснована на метрологічній простежуваності результатів вимірювання [13–15]. Відповідні поняття і терміни, узгоджені на міжнародному рівні, містить останнє на сьогодні видання «Міжнародного словника з метрології» (*VIM*3) [16]. У *VIM*3 вперше системно подано поняття, пов'язані з метрологічною простежуваністю, такі як ланцюг метрологічної простежуваності, калібрування, ієрархія калібрувань.

01.012016 набрав чинності Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [17], у якому поняття та відповідні їм терміни гармонізовано з поняттями та термінами *VIM*3, а також подано визначення «єдності вимірювань». У Законі закладено основу для переходу України на систему передавання розміру одиниць фізичних величин через систему метрологічної простежуваності. Це дає можливість відмовитися від державних повірочних схем та забезпечити єдиний підхід до оцінювання якості результатів вимірювання і взаємного визнання результатів вимірювання, калібрування та випробовування на міжнародному рівні.

Метрологічну простежуваність результату вимірювання реалізують через ієрархію калібрування, що є ланцюгом метрологічної простежуваності – послідовністю еталонів і калібрувань, від первинного еталона до кінцевої вимірювальної системи, що функціонує згідно з відповідними методиками вимірювання.

ДП «Укрметртестстандарт» розробило і поступово запроваджує ланцюг метрологічної простежуваності результатів вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах (рис. 2) із використанням ієрархічної структури повірочної схеми (рис. 1) згідно з вимогами *VIM*3 та рекомендаціями [18].

До складу Національного первинного еталона одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах входить набір первинних еталонних газових сумішей (ПЕГС) в балонах під тиском, приготованих статичним гравіметричним методом [1, 2]. Значення молярної частки компонентів ПЕГС присвоюють на основі даних готування. Узгодженість та точність первинних еталонних газових сумішей постійно підтверджують результатами міжнародних ключових та додаткових звірень у рамках Угоди

Міжнародні ключові та додаткові звірення ПЕГС за участю ДП «Укрметртестстандарт»

International key and supplementary comparisons of PSGMs SE «Ukrmetrteststandart» took part in

№ п/п/ No	Шифр звірень/ Comparison Reference No.	Визначувані компоненти/Analytes	Рік/Year
1	*COOMET.QM-K1a*	Монооксид вуглецю в азоті/ Carbon monoxide in nitrogen	2007—2008
2	*COOMET.QM-K23b*	Компоненти природного газу/ Natural gas components	2008
3	*COOMET.QM-K76*	Діоксид сірки в азоті/ Sulfur dioxide in nitrogen	2011—2012
4	*COOMET.QM-S1*	Монооксид азоту в азоті/ Nitrogen monoxide in nitrogen	2012
5	*COOMET.QM-S5*	Діоксид вуглецю, монооксид вуглецю, пропан в азоті («автомобільні» газові суміші)/ Carbon monoxide, carbon dioxide, propane in nitrogen («automotive» gas mixtures)	2013—2014
6	*COOMET.QM-K111*	Пропан в азоті/ Propane in nitrogen	2014—2017
7	*COOMET.QM-K93*	Етанол в азоті/ Ethanol in nitrogen	2014
8	*COOMET.QM-K54*	Компоненти C_3–C_5 у сумішах скраплених вуглеводнів/ C_3–C_5 components in the liquefied hydrocarbons mixtures	2014— ...

CIPM MRA. Участь у міжнародних звіреннях дає можливість також оцінити еквівалентність ієрархій еталонних газових сумішей різних країн. Результати звірень друкують у додатку *B* Бази даних ключових звірень (*KCDB*).

Національний первинний еталон одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах регулярно бере участь у міжнародних звіреннях [19–24]. Перелік міжнародних ключових та додаткових звірень первинних еталонних газових сумішей, у яких брало участь ДП «Укрметртестстандарт» останнім часом, подано у таблиці.

Первинні еталонні газові суміші мають найвищий метрологічний рівень в Україні, і готування сумішей такого рівня поза межами ДП «Укрметртестстандарт» не можна вважати первинною реалізацією одиниці молярної частки у газових сумішах.

Вторинні та робочі еталонні газові суміші також готують гравіметричним методом. Згідно з [1, 25], перед тим як оформити сертифікат на суміш, її склад треба перевірити. Відповідно до [1] перевіряють або кожну суміш («суміші класу I»), або вибірково («суміші класу II») методом компарування, використовуючи відповідні еталонні газові суміші [26, 27].

Результат перевірення калібрувальної суміші вважають позитивним, якщо вона відповідає критерію [1, 26]:

$$y_{к,prep} - y_{к,ver} \le 2\sqrt{u^2(y_{к,prep}) + u^2(y_{k,ver})}, \qquad (2)$$

де $y_{к,prep}$ — молярна частка, обчислена за процедурою готування, $y_{к,ver}$ – молярна частка, отримана компаруванням.

Якщо значення вмісту компонентів, отримані методом компарування, узгоджуються зі значеннями, отриманими гравіметричним методом, то це є свідченням того, що процедуру готування виконано правильно.

Отже, після перевірення є два значення вмісту компонента в суміші, взаємно сумісні з урахуванням невизначеностей. У сертифікаті [28, 29] подають склад газової суміші, отриманий за результатами гравіметричного приготування [1].

Інколи, якщо критерій сумісності дотримано і невизначеності результатів вимірювання за гравіметричним методом та методом компарування близькі між собою, за результат атестації еталонної газової суміші приймають середнє арифметичне значення вмісту та визначають стандартну невизначеність цього середнього значення, що призводить до зменшення невизначеності з коефіцієнтом $1/\sqrt{2}$ [26].

Для оцінювання невизначеності складу еталонних газових сумішей розроблено методики, що ґрунтуються на законі поширення невизначеності [30]. У методиках опрацьовано усі джерела невизначеності, наведені в [1, 26, 27] із використанням результатів калібрування відповідних вимірювальних систем.

Ланцюг метрологічної простежуваності результатів вимірювання вмісту компонентів у газових сумішах містить чотири рівні вимірювальних систем: первинний, вторинний, рівень робочих еталонів та рівень вимірювальних систем кінцевого споживача. Вимірювальні системи, залежно від метрологічного рівня та призначення, містять установки для готування еталонних газових сумішей, хроматографи та аналізатори, які використовують як компаратори, а також як прилади для визначення домішок у чистих газах.

Кожний калібратор в ієрархії калібрування застосовують для калібрування наступної вимірювальної системи, за допомогою якої отримують значення молярної частки та її невизначеність для розташованого на нижчому рівні калібратора.

Щоби перейти на міжнародну систему передавання розміру одиниці молярної частки компонентів у газових сумішах, засновану на метрологічній простежуваності у повному обсязі, потрібно:

* переглянути у відповідності з вимогами [1] методики гравіметричного приготування та атестації вторинних та робочих еталонних газових сумішей;

* переглянути комплект документів на первинний та вторинні еталони, розроблені згідно з [31].

Перехід на міжнародну систему передавання розміру одиниці молярної частки компонентів у газових середовищах у повному обсязі підвищить ефективність метрологічної системи України та рівень довіри до результатів вимірювання складу таких важливих газових середовищ, як природний газ, промислові викиди, атмосферне повітря та повітря робочих місць.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. ДСТУ *ISO* 6142-1:2017 Аналіз газів. Приготування калібрувальних газових сумішей. Частина 1. Гравіметричний метод для сумішей класу I (ISO 6142-1:2015 Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Part 1. Gravimetric method for Class I mixtures).
2. Milton M. J. T., Vargha G.M., Brown A. S. Gravimetric methods for the preparation of standard gas mixtures, Metrologia, — 2011, 48, doi: 10.1088/0026-1394/48/5/R01.
3. М.С. Рожнов, Проблемы обеспечения единства физико-химических измерений. Монография «Метрология физико-химических измерений» под редакцией Л.А. Конопелько, М.С. Рожнова — С-Петербург (M. Rozhnov, Problems of establishing unity of physico-chemical measurements. In «Metrology of physico-chemical measurements», ed. by L. Konopelko and M. Rozhnov, St.-Petersburg), — 2011.
4. Ю.И. Александров. Спорные вопросы современной мет-

рологии в химическом анализе. Санкт-Петербург. Издательство им. Н.И.Новикова (Yu. Aleksandrov, Disputable issues of present-day metrology in chemical analysis, S.-Pt., N.I.Novikov Publishing House), — 2003.
5. Коллеров Д.К., Измерительная техника (D. Kollerov, Izmeritel'naya Tekhnika), — 1970, № 10.
6. Д.К. Коллеров, А.В.Бобылев, Д.О.Горелик, Б.А.Горнштейн, Измерительная техника (D. Kollerov, A. Bobylev, D. Gorelik, B. Gorenshtein, Izmeritel'naya Tekhnika), — 1972, № 6.
7. М.С. Рожнов, С.М. Массарская, Измерительная техника M. Rozhnov, S. Massarskaya, Izmeritel'naya Tekhnika), — 1983, — № 1.
8. ДСТУ 3214-95 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань концентрації компонентів у газових середовищах (DSTU 3214-95 Metrology. State verification scheme for the instruments intended to measure concentration of the components in the gaseous media).
9. Рожнов М.С., Мельник Д.Н., Петришин П.В., Эталонная база Украины в области газоаналитических измерений. Монография «Метрология физико-химических измерений». Под редакцией Л.А. Конопелько, М.С. Рожнова СПб, (M. Rozhnov, D. Melnyk, P. Petryshyn, Measurement standards in Ukraine for gas analysis measurements, In «Metrology of physico-chemical measurements», ed. by L. Konopelko and M. Rozhnov, St.-Petersburg), — 2011. — 580 с/р.
10. ДСТУ 3214-2003 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах (DSTU 3214-2003 Metrology. State verification scheme for the instruments intended to measure content of the components in the gaseous media).
11. ДСТУ 3214:2015, Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання вмісту компонентів у газових середовищах (DSTU 3214:2015 Metrology. State verification scheme for the instruments intended to measure content of the components in the gaseous media).
12. ДСТУ ГОСТ 8.061:2014 Метрологія. Повірочні схеми. Зміст і побудова (ГОСТ 8.061-2007, IDT) (ДСТУ GOST 8.061:2014 Metrology. Verification schemes. Contents and structure).
13. OIML D5 Edition 1982 (E)/ Principles for the establishment of hierarchy schemes for measuring instruments.
14. ДСТУ *ISO* 14111:2007. Природний газ. Настанови щодо простежуваності під час аналізування (ISO 14111:1997 Natural gas — Guidelines to traceability in analysis).
15. ДСТУ *ISO/TS* 14167:2005 Аналіз газів. Основні положення щодо забезпечення якості вимірювання із застосуванням повірочних газових сумішей. Настанови (ISO/TS 14167:2003 Gas analysis — General quality assurance aspects in the use of calibration gas mixtures — Guidelines).
16. ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM).
17. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», набрав чинності з 01.01.2016 (Law of Ukraine on Metrology and Metrological Activities, in force since January 1, 2016).
18. Paul De Bievre, Rene Dybkaer, Ales Faigelj and D.Brynn Hibbert, Metrological traceability of measurement results in chemistry: concepts and implementation (IUPAC Technical Report), Pure Appl. Chem. — 2011, Vol. 83, № 10, pp. 1873—1935. (Переклад російською мовою: Поль Де Бивр, Рене Дибкер, Алеш Файгель, Д. Бринн Гибберт, Метрологическая прослеживаемость результатов измерений в химии: понятия и реализация (Технический отчет *IUPAC*), доступний на сайті ДП «Укрметртестстандарт»: http://metrology.kiev.ua/files/IUPAC%20report%20transl%20Russian.pdf).
19. L.A. Konopelko, Y.A. Kustikov, E.V. Gromova, M.S. Rozhnov, A.M. Mironchik, A.S. Kluchits, H-J. Heine, M. Valkova, S. Musil and J. Tichy, Final report on international comparison COOMET.QM-K23b: Natural gas, Metrologia, — 2010, V. 47, doi:10.1088/0026-1394/47/1A/08020.
20. L.A. Konopelko, Y.A. Kustikov, A.V. Kolobova, N.B. Shor, O.V. Efremova, M.S. Rozhnov, D.M. Melnyk, V.G. Kozia, S.A. Shpilnyi, P.V. Petryshyn, S.E. Iakubov, A.S. Kluchits, V.N. Ananyin, A.M. Mironchik, M.V. Mokhnach, M. Valkova and V. Stovcik, Final report on COOMET.QM-K76 (COOMET project no 484/RU/09): Key comparison of primary standard gas mixtures: SO_2 in nitrogen (100 µmol/mol), Metrologia, — 2014, V. 51, doi: 10.1088/0026-1394/51/1A/08003.
21. L.A. Konopelko, Y.A. Kustikov, A.V. Kolobova, N.B. Shor, O.V. Efremova, M.S. Rozhnov, D.M. Melnyk, V.G. Kozia, S.A. Shpilnyi, P.V. Petryshyn, S.E. Iakubov, A.S. Kluchits, V.N. Ananyin, A.M. Mironchik, M.V. Mokhnach, M. Valkova, V. Stovcik, J. Walden, C.R. Augusto, A.L. Fioravante, C.C. Ribeiro, D.C.G. Sobrinho, R.J. Oudwater and V.S. da Cunha, Final report on COOMET.QM-S1 (COOMET project no 483/RU/09): Supplementary comparison of primary standard gas mixtures: Nitrogen monoxide in nitrogen (50 µmol/mol), Metrologia, — 2014, V. 51, doi: 10.1088/0026-1394/51/1A/08001.
22. L.A. Konopelko, O.V. Efremova, O.V. Fatina, A.A. Orshanskaia, M.S. Rozhnov, D.M. Melnyk and P.V. Petryshyn, COOMET.QM-K93 (COOMET 615/RU/13): key comparison in the field of measuring of the ethanol amount fraction in nitrogen (120 µmol/mol), Metrologia, — 2016, V. 53, doi: 10.1088/0026-1394/53/1A/08005.
23. L.A. Konopelko, A.V. Kolobova, M.S. Rozhnov, D.M. Melnyk, P.V. Petryshyn, S.A. Shpilnyi, S.E. Iakubov, N.V. Bakovec, A.S. Kluchits, H. Kipphardt and V.V. Aleksandrov, COOMET. QM-S5 (COOMET project No 576/RU/12) 'Supplementary comparison of national standards in the field of analysis of gas mixtures containing CO2, CO, C3H8 in nitrogen («automotive» gas mixtures)', Metrologia, — 2016, V. 53, doi: 10.1088/0026-1394/53/1A/08004.
24. L.A. Konopelko, Y.A. Kustikov, A.V. Kolobova, V.V. Pankratov, A.A. Pankov, O.V. Efremova, M.S. Rozhnov, D.M. Melnyk, P.V. Petryshyn, O.S. Levbarg, S.P. Kisel, S.A. Shpilnyi, S.Ye. Yakubov, N.V. Bakovec, A.M. Mironchik and V.V. Aleksandrov, Propane in nitrogen, 1000 µmol/mol, Metrologia, — 2017 V. 54, doi: 10.1088/0026-1394/54/1A/08023.
25. ISO Guide 35:2017 Reference materials — Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability.
26. ДСТУ *ISO* 6143-2003 Аналіз газів. Методи компарування для визначення та перевіряння складу повірочних газових сумішей (ISO 6143:2001 Gas analysis — Comparison methods for determining and checking the composition of calibration gas mixtures).
27. ISO 12963:2017 Gas analysis — Comparison methods for the determination of the composition of gas mixtures based on one- and two-point calibration (Аналіз газів. Методи компарування для визначання складу газових сумішей на основі одно- та двоточкового калібрування).
28. ДСТУ *ISO* 6141:2017 Аналіз газів. Уміст сертифікатів на калібрувальні газові суміші (ISO 6141:2015 Gas analysis — Contents of certificates for calibration gas mixtures).
29. ISO 17034:2016 General requirements for the competence of reference material producers (Загальні вимоги до компетентності виробників стандартних зразків).
30. ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).
31. ДСТУ 3231:2007 Метрологія. Еталони одиниць вимірювань державні, первинні та вторинні. Основні положення, порядок розроблення, затвердження, реєстрації, зберігання та застосування (DSTU 3231:2007 Metrology. State, primary and secondary measurement standards. Basic provisions, order of development, approval, registration, maintenance, and use).

Отримано / received: 15.11.2017.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л. О. Мельник (Україна).

Prof. L. O. Melnyk, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

6'2017 • МЕТРОЛОГІЯ ТА ПРИЛАДИ • ISSN 2307-2180

УДК 628.987

ВПЛИВ ВІДБИВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЬОГО ПОЛОТНА НА ОСВІТЛЕННЯ ЗА МЕЗОПІЧНОГО ДІАПАЗОНУ

Л. Назаренко, доктор технічних наук, професор кафедри «Світлотехніка і джерела світла»,
Т. Можаровська, аспірант кафедри,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
М. Гур'єв, кандидат технічних наук, науковий співробітник,
Національний науковий центр «Інститут метрології», м. Харків

Розглянуто вплив відбивальних характеристик дорожнього полотна на системи освітлення за умов мезопічного діапазону. Подано аналіз досліджень із цієї теми. Представлено розрахунки коефіцієнтів відбиття зразків дорожнього полотна, що найбільш часто використовуються в Україні. Подано рекомендації щодо можливості удосконалення систем освітлення внаслідок створення коректної бази коефіцієнтів відбиття сучасного дорожнього полотна.

Street lighting is a major consumer of electricity in country. Nevertheless, a significant proportion of street luminaires does not meet modern standards. The low efficiency of old light sources leads to the fact that energy consumption for lighting in Ukraine is much higher than in developed countries. This situation can be corrected by conducting of state target programs for the modernization of lighting systems.

The maximum efficiency of the use of light flux is possible only in case of effective interaction of light with a road pavement.The effect of pavement reflective properties on lighting systems under conditions of the mesopic range was considered in the paper. An experiment was carried out to investigate different examples of pavement which are most often used in Ukraine.

One aim was to verify that light levels sirectly depend not only on the used light source, but also on the road pavement. Next aim was to clarify the needed to update the existing pavement reflective properties database in Ukraine considering the results of researches indicates that pavement with lighter filler would be more effective in street lighting systems as has higher reflection coefficients in the short-wavelength region which will provide higher brightness of the roadway with the same energy consumption for street lighting.

Road pavement is an important factor in optimizing and improving the energy efficiency of road lighting. Creation of a new correct base of reflectance coefficients and extended study of the impact of the roadway on the efficiency of the lighting system in general and in conditions of mesopic photometry is necessary for the design of modern energy-efficient lighting systems.

Ключові слова: *відбивальні характеристики дорожнього полотна, дорожнє освітлення, мезопічна фотометрія.*
Keywords: *roadway reflecting characteristics, road lighting, mesopic photometry.*

Л. Назаренко

Т. Можаровська

М. Гур'єв

Вуличне освітлення є крупним споживачем електроенергії. Так, на установки зовнішнього освітлення витрачається 8 % усієї вироблюваної електроенергії у світі [1]. На сьогодні в світлотехнічному товаристві наявна велика кількість робіт, присвячених проектуванню енергоефективних систем дорожнього освітлення. Уважається, що потенціал економії енергії, що витрачається на дорожнє освітлення, становить (25—50) % [2]. В ЄС джерелами світла, що використовуються в дорожньому освітленні, є ртутні лампи високого тиску (РЛВТ) (32 %), натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) (47 %), натрієві лампи низького тиску (НЛНТ) (9 %), металогалогенні лампи (МГЛ) (3 %), а також компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) (8 %) [3].

За 2016 рік в Україні спожито майже 517,2 млн. кВт/год електроенергії. Загальна протяжність електромереж зовнішнього освітлення в населених пунктах України,

© Назаренко Л., Можаровська Т., Гур'єв М., 2017

станом на 01.01.2017, становила майже 98,8 тис км. Загальна кількість світлоточок зовнішнього освітлення на 01.01.2017 становила трохи більше ніж 2,0 млн. одиниць. При цьому використовується 1829,4 тис одиниць енергозаощаджувальних джерел світла у сфері зовнішнього освітлення (87,5 % загальної кількості) [4]. Тим не менше, значна частка вуличних світильників не відповідає сучасним нормам. Низька ефективність старих джерел світла призводить до того, що споживання енергії на освітлення в Україні значно вище ніж у розвинених країнах.

Цю ситуацію можна виправити шляхом реалізації державних цільових програм щодо модернізації систем освітлення. Так, для зменшення енергоспоживання 2009 року ЄС ухвалив Директиву 2009/125/ЕС, метою якої є забезпечення високого рівня захисту довкілля внаслідок зменшення потенційного впливу енергопов'язаних виробів на навколишнє середовище. У Директиві подано, що підвищення ефективності використання енергії та ресурсів у виробах підвищує надійність енергопостачання і зменшує попит на природні ресурси, що є умовою раціональної економічної діяльності, а тому і раціонального розвитку [5]. У Керівництві Європейської світлотехнічної промисловості (*ELC*& *CELMA*) для застосування Регламенту Комісії (ЄС) № 245/2009 [6] з поправками, внесеними до Правил № 347/2010 [7], указано, що з 13.04.2015 на світлотехнічний ринок продукції не повинні більше поставлятися РЛВТ та НЛВТ. У 2017 році з 13 квітня на ринок не повинні більше поставлятися МГЛ з цоколем *E*27/*E*40, а також КЛЛ із 2-штирьковим цоколем і вбудованим комутатором стартера. Як наслідок, рекомендовано використовувати новітні енергоефективні джерела світла.

Рекомендації з проектування дорожнього освітлення і фотометричні вимоги в Україні забезпечуються Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Вони надані у нормативному документі ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» (з урахуванням внесених змін) [8]. Нормованими величинами для вуличного освітлення є середня горизонтальна освітленість покриття (лк), середня яскравість покриття (кд/м^2), відношення мінімальної яскравості покриттів до середнього значення, відношення мінімальної яскравості покриттів до максимального значення. Середня яскравість освітлення дорожньої поверхні коливається в межах від 0,2 до 2 кд/м^2. Ці рекомендації засновано на фотопічній фотометрії [9].

Запропонована у 2010 році система присмеркової фотометрії «*CIE* 191:2010 *Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance*» відкриває перспективи для створення енергоефективних систем освітлення. Публікація присмеркової системи фотометрії дозволяє оптимізувати спектральний розподіл потужності освітлення для досягнення високої мезопічної світлової ефективності завдяки використанню світильників із вищою пропорцією випромінювання з нижчими довжинами хвиль. Так, цілком виправданим є використання світлодіодних світильників, зважаючи на те, що багато білих світлодіодів мають сильну блакитну рису, а також можливість «підстроювати» спектральні характеристики, наприклад, за допомогою комбінацій світлодіодів різного кольору.

Проте зрозуміло, що яким би ефективним світильник не був, якщо полотно більшою мірою відбиває світло в тій області, де чутливість ока мала, то неможливо говорити стосовно максимальної ефективності використання світлового потоку в цілому.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Яскравість будь-якої точки на поверхні дороги є функцією освітленості на дорозі й відбивальних характеристик дорожнього покриття (ДП). Властивості поверхні дорожнього відображення залежать від природи і фізичного стану поверхні. Характеристики відбиття дорожнього покриття залежать від типу, кольору, текстури поверхні й способу створення дорожнього покриття. Окрім того, характеристики відбиття змінюються в результаті зносу і різних погодних умов.

Характеристики відбиття матеріалу дорожнього покриття виражаються у виді *r*-таблиці визначених *CIE* коефіцієнтів яскравості [10]. Слід звернути увагу на те, що *r*-таблиці засновано на вимірах, проведених ще у 1975 [11] та 1976 роках [12].

Міжнародною комісією з освітлення (*CIE*) у 1976 році запропоновано до застосування три основних параметри, за якими можна класифікувати всі ДП [9].

Параметр Q_0 характеризує ступінь дифузного відбиття. Q_0 можна розрахувати із *r*-таблиці з використанням вагового коефіцієнта. Цю процедуру розроблено 1974 року Соренсеном (*Sorensen*). Два інші показники — S_1 та S_2 — характеризують ступінь спрямованості відбиття. Після досліджень, проведених Фредеріксеном та Соренсеном (*Frederiksen and Sorensen*) у 1976 році щодо кореляції S_1 та S_2, МКО вирішено для спрощення опустити параметр S_2.

1976 року МКО запропонував дві системи *R* та *N* з чотирма класами кожна (табл. 1), причому систему *N* рекомендовано для країн, в яких

використовуються штучні матеріали для відбілювання дорожнього полотна, щоби отримати дуже дифузну поверхню. Граничні значення введено для параметра S_1, а параметр Q_0 розраховується із *r*-таблиці. Також прийнято стандартизовані значення S_1 та Q_0 для кожної системи. Найбільш поширеною стала *R*-класифікація.

У 1979 році *Burghout* провів експерименти із порівняння вимірених значень S_1 та Q_0. У роботі показано, що результати для класів *R*2, *R*3 та *R*4 практично не відрізняються, а для *R*1 суттєво відрізняються від результатів, отриманих для *R*2, *R*3 та *R*4. Тому *Burghout* рекомендував використання системи *C* з двома класами (*C*1 та *C*2) для класифікації дорожніх покриттів.

Для вологих поверхонь використовується система *W*, для якої модифіковано параметр S_1'.

В Україні стандартизовано два (три) типи покриттів: гладкі дрібнозернисті й шорсткуваті асфальтобетонні. Зіставлення вітчизняних і закордонних типів покриттів за критеріями S_1 й Q_0 засвідчує, що гладке дрібнозернисте покриття за критерієм Q_0 близьке до класу *R*1, а за критерієм S_1 відповідає класу *R*3; шорсткувате покриття за обома критеріями ближче до класу *R*2. Тим не менше, з того часу введено нові матеріали та способи створення ДП. Так, у роботах [13, 14] указано, що ДП на сьогодні є темнішим, ніж раніше застосовуване, і отже більше світла потрібно для досягнення тих же рівнів яскравості на поверхні дороги.

Зауважимо, що головним завданням дорожнього освітлення є створення безпечних умов водіння, за яких водій матиме повну візуальну інформацію щодо напрямку руху та наявності на шляху можливих перешкод. У роботах [15—17] зазначається, що джерелом інформації, на основі якої визначається поведінка водія, є сама дорога. Як свідчить статистика, за належного рівня освітлення доріг загальна кількість дорожньо-транспортних подій може бути зменшена приблизно на 30 % [15]. Величина яскравості поверхні дороги безпосередньо визначає видимість об'єктів, що перебувають і розглядаються на її фоні, тож роль ДП є вирішальним для виявлення перешкод під час руху.

Публікація *CIE* № 30-2 рекомендує лампи розжарювання з високою колірною температурою для використання під час вимірювань відбивних характеристик більшості зразків дорожньої поверхні [18]. Для глибоко кольорових дорожніх покриттів вплив різних джерел світла (ДС) з різним спектром світла повинен бути випробуваний окремо. Проектування дорожнього освітлення, як зазначалося вище, здійснюються за допомогою стандартних *r*-таблиць і значення Q_0, незалежно від джерел світла, встановлених на вулиці й дорожніх матеріалів, що використовуються для дорожнього полотна. Отже, установлення дорожнього освітлення може призвести до значного відхилення реальних значень яскравості дорожнього покриття порівняно з проектними розрахунками.

У роботі [19] автори досліджували вісім зразків зі щебенево-мастичної суміші (*SMA*). Покриття відрізнялися світлотою, кольором та розміром заповнювача. Вимірювалися відносні яскравості зразків дорожніх покриттів, причому вимірювання проводилися на спектрорадіометрі *CS*-2000 з двома різними джерелами світла в чотирьох режимах освітлення, створюваних використанням НЛВТ або МГЛ і двома рівнями світлового потоку ламп. Під час вимірів включався лише один світильник. Як еталон використовувалася біла поверхня шару $BaSO_4$ (коефіцієнт відбиття 0,97) з однорідним спектральним відображенням. Похибка вимірювань спектрорадіометра *CS*-2000 складала ±2 %.

Виявлено, що ДП має різні рівні яскравості за освітлення різними типами ДС. У більшості вимірених зразків ДП відносна яскравість була вищою за освітлення НЛВТ. Загалом отримано

Таблиця 1. Межі та стандартні значення для класів у класифікації R, N і C системи (від CIE 1999b)

Table 1. Limits and default values for classes in the classification of R, N and C systems (from CIE 1999b)

Система	Клас	Граничні значення	Стандартизовані значення	
			S_1	Q_0
R	*R*1	$S_1 < 0{,}42$	0,25	0,10
	*R*2	$0{,}42 < S_1 < 0{,}85$	0,58	0,07
	*R*3	$0{,}85 < S_1 < 1{,}35$	1,11	0,07
	*R*4	$S_1 > 1{,}35$	1,55	0,08
N	*N*1	$S_1 < 0{,}28$	0,18	0,10
	*N*2	$0{,}28 < S_1 < 0{,}60$	0,41	0,07
	*N*3	$0{,}60 < S_1 < 1{,}3$	0,88	0,07
	*N*4	$S_1 > 1{,}3$	1,55	0,08
C	*C*1	$S_1 < 0{,}4$	0,24	0,10
	*C*2	$S_1 > 0{,}4$	0,97	0,07
W	*W*1	$S_1' < 9{,}6$	5.8	0.088
	*W*2	$9{,}6 < S_1' < 26{,}5$	16	0.091
	*W*3	$26{,}5 < S_1' < 73$	44	0.097
	*W*4	$83 < S_1' < 200$	121	0.104

результат, що ДС з великим енергетичним коефіцієнтом корисної дії (ККД) в довгохвильовій частині відомого спектра більш ефективні, ніж ДС з великим енергетичним ККД в короткохвильовій частині цього спектра.

Також отримані результати засвідчили, що світлота та колір заповнювача впливають на коефіцієнт світлового відбиття. Так, застосування білого заповнювача замість тих, що звичайно використовуються, дозволяє отримувати значно більші яскравості дорожньої поверхні за тих же енерговитратах на дорожнє освітлення.

У роботі [20] автори вивчали відбивні властивості ДП класу *R*1 у Фінляндії та виконували порівняння *r*-таблиць з отриманими індикатрисами відбиття ДП. Кожного виду взято два зразки: з колії та між слідами колес. Це спровокувало розбіжності в отриманих результатах кожного виду ДП. Так, ДП з колії мало характеристики здебільшого *R*2 класу, а ДП, взяті між слідами колес, поводили себе як *R*1 клас. Окрім того, за малих кутів падіння характеристики відбиття фактичної дорожньої поверхні перебільшено, і за високих кутів падіння характеристики відбиття недооцінені порівняно з *r*-таблицями.

Результатом вимірів ДП, що використовуються на фінських дорогах, є висновок, що сучасні дорожні полотна дифузні й темні. Більшість значень S_1 зразків ДП близькі до значень S_1 класу *R*1. З іншого боку, значення середнього коефіцієнта яскравості Q_0, ближче до нормованого значення Q_0 для дорожніх класів *R*2, *R*3 і *R*4. Тож маємо, що проектування установлень дорожнього освітлення проводилося з використанням стандартних *r*-таблиць для *R*1, а ДП при цьому не відповідає вимогам дорожнього класу *R*1.

Тож актуальним є вивчення робіт із дослідження відбивальних характеристик ДП та проведення аналізу відбивальних характеристик сучасного ДП в Україні.

Ескспеpимент

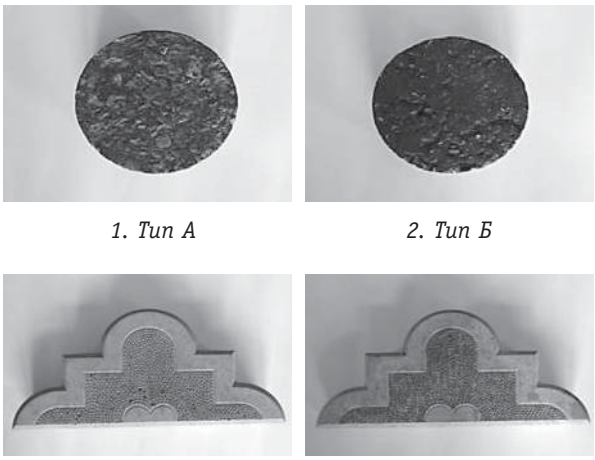
Дослідження проведено шляхом вимірювання спектральної відбивної здатності сухих і вологих зразків чотирьох видів ДП (рис. 1).

Для всіх зразків вимірені відносні спектральні коефіцієнти відбиття (рис.2). Відносні коефіцієнти відбиття були вищими в кінцевому діапазоні довжин хвиль для більшості зразків. Вимірювалися два зразки (рис. 1; 1, 2) покриттів зі щебневомастикової суміші (ЩМС). Дорожні покриття з ЩМС мають високий вміст грубодисперсного заповнювача, який формує кам'яний остов, що перешкоджає появі залишкової деформації. Остов заповнюють мастикою з бітуму і наповнювача, в яку для отримання необхідної стабільності бітуму і запобігання відведенню сполучної речовини під час транспортування і укладання додають волокна. Типова ЩМС містить (70—80) % грубодисперсного заповнювача, (8—12) % наповнювача, (6,0—7,0) % сполучної речовини і 0,3 % волокон. Основне призначення ЩМС — отримання деформаційно стійкого і довговічного покривного матеріалу, придатного для вулиць житлових районів і автострад.

Зразок 1 (рис. 1; 1) взято в Сумській області; ДП типу А відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-127-2006. ДП має стан зношеності, оскільки укладено 2010 року.

Зразок 2 (рис. 1; 2) взято в Івано-Франківській області; ДП типу Б, відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119-2011. ДП має стан нового покриття, було укладено 2016 року.

Два інші зразки (рис. 1; 3, 4) виготовлені КП «Проміс» та відповідають вимогам ГОСТ 17608-91.



1. Тип А *2. Тип Б*

3. Тип Ф15.10 червона *4. Тип Ф15.10 сіра*

Рис. 1. Вимірювані зразки ДП

Fig. 1. Measured RW samples

Рис. 2. Спектрофотометр Lamda950

Fig. 2. Spectrophotometer Lamda950

Рис 3. Приставка спектрофотометра Lamda 950 для вимірювання спектральних коефіцієнтів відбиття
Fig.3. Lamda 950 Spectrophotometer prefix for measuring reflectance spectral coefficients

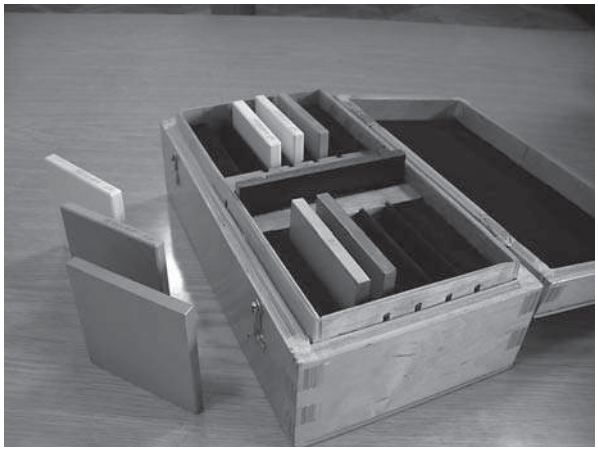


Рис. 5. Еталонний набір мір спектральних коефіцієнтів дифузного відбиття
Fig. 5. Standard set of measures of spectral coefficients of diffuse reflection

Це тротуарна плитка з використанням пігментів, що дають певний колір зразку. Вимірювання плитки зумовлено необхідністю дослідження впливу колірних характеристик на спектральні коефіцієнти відбиття ДП.

Вимірювання виконувалися на двопроменевому спектрофотометрі з подвійним монохроматором *Lambda* 950 (рис. 2) з приставкою для вимірювання спектральних коефіцієнтів повного та дифузного відбиття (рис. 3) зі складу Державного первинного еталона одиниць спектральних коефіцієнтів спрямованого пропускання, дзеркального і дифузного відбиття в діапазоні довжин хвиль від 0,2 до 25 мкм (ДЕТУ 11-09-08).

Схему вимірювання подано на рис. 4. Вимірювання виконувалися методом компарування з ДЕТУ 11-09-08. Як компаратор використовувався спектрометр *Lamda* 950. Міра для передавання розміру одиниці від ДЕТУ 11-09-08 була із комплекту еталонних мір (рис. 5).

На рис. 6 представлено вимірені спектральні коефіцієнти відбиття чотирьох зазначених ДП. Так, зразок 1, найчастіше використовуваний в Україні, краще відбиває в довгохвильовій області, ніж у короткохвильовій. Порівняно з іншими, зразок 2 показав дуже слабке спектральне відбиття, через велику кількість бітуму, яку має ще новий асфальт. Покриття 3 краще відбиває в довгохвильовій області через те, що містить червоний пігмент. Порівняно з таким же зразком за складом, але з пігментом сірого кольору, тобто з кольором 4, це ДП має значно більший спектральний коефіцієнт відбиття через різницю в світлоті пігменту, а також вищі коефіцієнти відбиття у короткохвильовій області, ніж інші зразки. За намокання всі зразки показали набагато гірший результат коефіцієнтів відбиття, що зрозуміло, оскільки вологе ДП відзеркалює світло, а не розсіює. Все ж для зразка 4 результати залишилися майже такими ж, з достатньо високими значеннями коефіцієнтів відбиття у короткохвильовому діапазоні.

Отже, результати дають право стверджувати, що застосування світлого наповнювача або

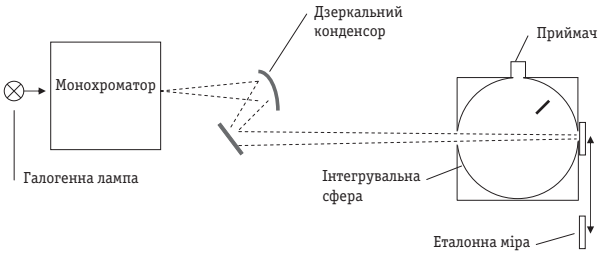


Рис. 4. Схема вимірювання спектральних коефіцієнтів відбиття методом компарування
Fig. 4. Scheme for measuring spectral reflection coefficients by comparison method

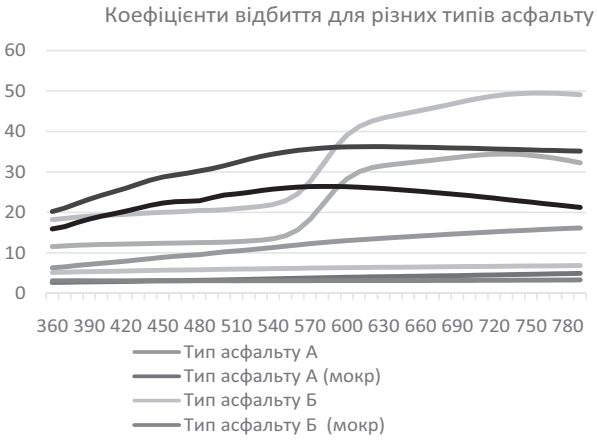


Рис. 6. Вимірені спектральні коефіцієнти відбиття чотирьох досліджуваних зразків ДП

Fig. 6. The spectral coefficients of reflection of the four studied samples of the RW were measured

Рис. 7. Спектральні характеристики джерел світла
Fig. 7. Spectral characteristics of light sources

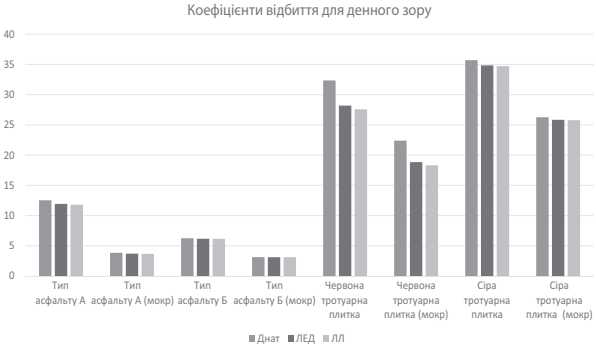


Рис. 8. Коефіцієнти відбиття для денного зору
Fig. 8. Reflection coefficients for daytime vision

пігменту дозволяє отримати значно більші яскравості ДП за тих же енерговитрат на дорожнє освітлення.

Отримані результати опрацьовано з урахуванням спектральних характеристик різних ДС (рис. 7).

Світловий коефіцієнт відбиття зразків визначається за формулою:

$$\rho = \frac{\int_{380}^{780} A(\lambda)V(\lambda)\rho(\lambda)d\lambda}{\int_{380}^{780} A(\lambda)V(\lambda)d\lambda},$$

де $A(\lambda)$ — відносна спектральна функція потоку випромінювання ламп; $V(\lambda)$ — відносна спектральна функція денного зору; $\rho(\lambda)$ — спектральна функція коефіцієнтів відбиття зразків; λ — довжина хвиль випромінювання.

На рис. 8 видно, що розрахунок не є коректним порівняно з отриманими результатами. Причиною цього є використання розрахунку відносної спектральної функції денного зору. Зазначимо, що за цією формулою визначено коефіцієнти відбиття для наявних покриттів (*r*-таблиці). Зважаючи на те, що такі дані використовуються у сучасних розрахунках, справедливо сказати, що стосовно ефективності дорожнього полотна з точки зору світлотехніки не може йти мова. Видно, що правильним буде модернізувати формулу розрахунку з використанням відносної спектральної функції мезопічного зору. Можна застосовувати дані щодо спектральних характеристик застосовуваних джерел світла в процесі розробляння нових видів полотен, які дозволили б досягти нового рівня освітленості з точки зору як покращення якості, так і його ефективності та економічності.

ВИСНОВКИ

У цій роботі проаналізовано роль ДП на дорожнє освітлення за умов мезопічного діапазону. Вивчено попередні роботи на зазначену тему. Проведено експеримент із дослідження широко використовуваних в Україні зразків ДП різного складу; методу виготовлення; зношеності; забрудненості.

Результати вимірювань засвідчують, що відносні коефіцієнти відбиття зростають зі збільшенням довжини хвилі. Колір заповнювача помітно впливає на світлові характеристики дорожнього полотна. Ці результати збігаються з результатами досліджень ДП інших науковців. Це дає право стверджувати, що дорожнє покриття є важливим фактором в оптимізації та підвищенні енергоефективності дорожнього освітлення.

Створення нової коректної бази коефіцієнтів відбиття та розширене вивчення впливу дорожнього полотна на ефективність системи освітлення в цілому та за умов мезопічної фотометрії є необхідним для проектування сучасних енергоефективних систем освітлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. MANDIL, C. (2006). Light'slabour'slost: policiesforenergy-efficientlighting. Energyworld, (343), 14—15.
2. Mills, E. (2002, May). Why we're here: the $230-billion global lighting energy bill'. In Proceedings from the 5th European Conference on Energy Efficient Lighting, held in Nice, France (pp. 29—31).
3. Subcontractors, C., VanTichelen, P., Geerken, T., Jansen, B., Bosch, M. V., VanHoof, V.,&Vercalsteren, A. (2007). FinalReportLot 9: Publicstreetlighting.
4. Стан сфери зовнішнього освітлення в Україні за 2016 рік (2017, 21 березня). МінРегіон. Доступ: https://goo.gl/WAz479.
5. Directive, E. C. (2009). Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009, establishing a frameworkforthesettingofecodesign requirementsforenergyrelatedproducts (recast). OfficialJ ournaloftheEuropeanCommunities.
6. COMMISSION REGULATION (EC) No 245/2009. (2009, 18 March). Access: https://goo.gl/rHQ92T.
7. (SM)258 CELMA ELC TertiaryLightingGuide 2nd.

(2017, 20 June). Access:https://www.docfor.us/sm-258-celma-elc-tertiary-lighting-guide-2nd.
8. Державні та галузеві будівельні норми (2016, 14 січня) МінРегіон. Доступ: https://goo.gl/Ebp3wo.
9. CIE. (1926). Principales Decisions. CIE SixiemeSession, pp. 67—69.
10. CIE, PIARC. (1984). Road surface sand lighting. Joint technical report No. 066.
11. Sørensen, K. (1975). Road surface reflection data. LYSTEKNISK LABORATORIUM REPORT, (10).
12. Frederiksen, E., &Sørensen, K. (1976). Reflection classification of dry and wet road surfaces. Lighting Research & Technology, 8(4), 175—186.
13. Fotios, S., Boyce, P., & Ellis, C. (2006). The effect of pavement material on road lighting performance. LIGHTING JOURNAL-RUGBY-, 71(2), 35.
14. Dumont, E., Paumier, J. L., &Ledoux, V. (2008, July). Arestandard r-tables still representative of road surface photometric characteristics in France? In CIE International symposium on road surface photometric characteristics (p. 8p).
15. ArmasJ., LaugisJ. (2007, Jan). Road Safety by Improved Road Lighting: Road Lighting Measurements and Analysis. In 4-th International Symposium «Topical problems of education in the field of electrical and power engineering», pp 83—90.
16. Буняев, Н. И. (1989). Разработка метода и средств диагностирования автомобильных фар (Doctoral dissertation, Буняев Николай Иванович).
17. Кашканов, А. А. (2003). Вплив засліпленості водія на вибір безпечних режимів руху. Вісник ВПІ, (5), 63—66.
18. CIE. (1982). Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting. Publication No. 30-2.
19. Ekrias, A., Eloholma, M., &Halonen, L. (2009). The effects of colour contrast and pavement aggregate type on road lighting performance. LightEng., 17(3), 76—91.
20. Ylinen, A., Puolakka, M., &Halonen, L. (2010). Road Surface Reflection Properties And Applicability Of The R-Tables For Today's Pavement Materials In Finland. Light & Engineering, 18(1).

Отримано / received: 28.11.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.ф.-м.н., проф. В.І. Карасем (Україна).
Prof. V.I. Karas, D. Sc. (Phys.-mat.), Ukraine, recommended this article to be published.

Академія метрології України
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ДП «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем»
IV Всеукраїнська науково-технічна конференція у царині метрології
«Technical Using of Measurement — 2018» м. Славське, 13—18 лютого 2018 року

Напрями роботи конференції:
1. Теорія й практика вимірювань та випробувань.
2. Застосування інформаційно-вимірювальних технологій у промисловості.
3. Методи та засоби контролю та діагностування.
4. Метрологічне забезпечення вимірювань та випробувань.
5. Кваліметрія.
6. Автоматика та прилади.

Під час конференції планується проведення школи-семінару, де відбудуться виступи з доповідями провідних науковців у сфері метрології.

Робочі мови: українська, польська, російська, англійська.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ
Співголови конференції:
Володарський Є.Т., д.т.н., проф., президент Академії метрології України (м. Київ)
Микийчук М. М., д.т.н., проф., директор ІКТА (НУ «Львівська політехніка», м. Львів)

Матеріали конференції:
Матеріали конференції у виді збірника тез доповідей планується опублікувати на електронному носієві. Накові статті за матеріалами конференції, ***виголошеними на конференції, рекомендовані до публікації та оформлені згідно з вимогами Вісника,*** будуть опубліковані у Віснику Національного університету «Львівська політехніка» **«Метрологія та вимірювальна техніка», що входить до наукометричної бази даних Copernicus**.

Надсилати матеріали та заявки з темою листа «TUM-2018» у електронному виді на адресу:
tum.conference@gmail.com
та поштою за адресою:
м. Львів–79016, вул. С.Бандери 12, ІКТА, кафедра ІВТ
Довідки за телефоном:
Тел.: 032-258-23-94, 095-576-18-34 (з 9.00 до 17.00)
Коваль Олександра Йосипівна

Інформація стосовно конференції — на сайті Академії метрології України: **http://amu.in.ua/developments**

УДК 001.4:389:006.354

МЕТРОЛОГІЯ. ТЕРМІНИ ТА ОЗНАЧЕННЯ: СУЧАСНЕ ТРАКТУВАННЯ

У ПОРЯДКУ ДИСКУСІЇ

Академія метрології України
(За ініціативою Львівського відділення)

Розглянуто і проаналізовано основні питання сучасної метрологічної термінології. Проведено порівняльний аналіз основних метрологічних термінів чинного в Україні ДСТУ 2681-94 та Міжнародного словника з метрології VIM3, який відображає розвиток поняттєво-термінологічного забезпечення сучасної метрології. Обґрунтовано потребу розроблення нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення» та вироблено рекомендації щодо його структури.

The International Dictionary of Metrology reflects the development of conceptual and terminological provision of modern metrology. VIM3 introduction into the metrological practice substantially broadens the scope of its research in such areas of human activity as medicine, trade, economics, industry, education, psychology, sociology, ecology, qualimetry, etc. This event requires improvement of the normative and technical documentation in the metrology field.

Current in Ukraine DSTU 2681-94 «Metrology. The terms and definitions» do not meet the modern terminology requirements. First of all, interpretation of key concept of metrology – «measurement» and related concepts «value» and «measured value» should be extended compared with the current DSTU 2681-94.

Consequently, there is an urgent need to develop a new regulatory document «Metrology. Terms and definitions», harmonized, first of all, with VIM3 and other international normative documents.

The structure of the new normative document «Metrology. Terms and definitions» was proposed. Its formation methodology have to consider both new terms from VIM3 [2] and terms from DSTU 2681-94 and other normative documents and scientific works, based on their content and relevance.

The use in the metrological practice of the only internationally recognized terms enables to provide an adequate approach to understanding the essence of the measurements, assessing the accuracy and quality of the measurement results, the metrological provision of measurements, metrological traceability and mutual recognition of the measurement results.

Ключові слова: *метрологія, вимірювання, величина, вимірювана величина, результат вимірювання, вимірене значення величини, опорне значення величини, похибка вимірювання, невизначеність (непевність) вимірювання.*
Keywords: *metrology, measurement, quantity, measurand, measurement result, measured quantity value, reference quantity value, measurement error, measurement uncertainty.*

На шляху України до європейської спільноти необхідною умовою співпраці зі світовим науковим товариством є усунення технічних бар'єрів, а отже, гармонізація нормативно-технічної документації у сфері метрології. Особливо це стосується понятійно-термінологічного апарату, оскільки метрологія повинна мати універсальну базову основу, чітку й доступну для розуміння користувачам у будь-яких сферах діяльності [1].

Уведення в метрологічну практику Міжнародного словника з метрології *VIM*3 [2], який відображає розвиток поняттєво-термінологічного забезпечення сучасної метрології, а також рекомендацій Міжнародного Комітету з мір і вагів щодо становлення нових задач метрології [3], суттєво розширює сферу її досліджень у таких галузях людської діяльності, як медицина, торгівля, економіка, промисловість, освіта, психологія, соціологія, екологія, кваліметрія тощо.

Чинний сьогодні в Україні ДСТУ 2681-94 «Метрологія. Терміни та визначення» [4] не повною мірою відповідає сучасним вимогам щодо термінології [5—8]. Отже, виникла гостра необхідність розроблення нового нормативного документа (НД) «Метрологія. Терміни та означення», що і зумовило тематику цієї статті та її актуальність.

Мета статті — розроблення методології побудови нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення».

Основними завданнями досліджень роботи є:

- порівняльний аналіз основних метрологічних термінів ДСТУ 2681-94 та *VIM*3;

- обґрунтування потреби розроблення нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення»;
- вироблення рекомендацій щодо структури та змісту нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення».

1. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ТЕРМІНІВ

1.1. Аналіз відмінностей основних метрологічних термінів ДСТУ 2681-94 та *VIM*3

Насамперед йдеться стосовно розширеного трактування, порівняно з чинним ДСТУ 2681-94, ключового поняття метрології — «вимірювання» і пов'язаних з ним понять «величина» та «вимірювана величина», а також термінів «результат вимірювання» та «похибка (результату) вимірювання», що видно із відповідних означень, наведених у таблиці 1.

Розширення сфери дослідження сучасної метрології відображає відхід від звуженого трактування поняття «*вимірюваної величини*» лише як «*фізичної величини*» [4], оскільки згідно з *VIM*3 [2] фізична величина є тільки однією із ряду можливих вимірюваних величин: фізичних, хімічних, біологічних, психологічних, соціологічних, економічних, оцінок якості продукції тощо. Значення цих величин можна отримати шляхом вимірювання, що є, як зазначено у *VIM*3 [2], — «процесом експериментального отримання (визначення) одного чи більше значень величини, які обґрунтовано можуть бути приписані величині». А «експериментальне отримання (визначення)» може бути здійснено такими методами, як сприйняття, спостереження, порівняння, рахування, вимірювання, розпізнавання образів, діагностика, ідентифікація, випробування, контроль, дослідження [1].

Актуальність нової метрологічної термінології видно також із аналізу зарубіжних джерел. Зокрема, аналогічно до *VIM*3 [2] трактують поняття «*вимірювання*» та «*вимірювана величина*» у новому нормативному документі (НД) РМГ 29-2013 [9]: «Измерение (величины): процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине» (п.4.1), «Измеряемая величина: величина, подлежащая измерению» (п. 4.1).

Також у статті [10] фахівці Всеросійського НДІ метрології ім. Д.І. Менделєєва зазначають, що «основные изменения *VIM*-3 по сравнению с *VIM*-2 касаются расширения понятия «измерение» с целью охвата измерений в области химии, медицины, а также включения новых понятий, связанных с неопределенностью измерений и метрологической прослеживаемостью результатов измерений, появление которых в определенной степени также является следствием расширения понятия измерения».

Із наведеними вище поняттями безпосередньо пов'язано таке ключове поняття метрології, як «*єдність вимірювань*» — стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в узаконених одиницях, а характеристики похибок або невизначеності (непевності) вимірювань відомі з певною ймовірністю і не виходять за встановлені границі [11], а також поняття «*метрологічної простежуваності*» (англ. — *metrological traceability*), коли отриманий результат вимірювання можна пов'язати зі значенням величини, яке відтворюється національними або міжнародними еталонами через неперервний ланцюг звірень, для кожного із яких зазначено характеристики невизначеності (непевності) [2].

Отже, у сучасній метрології йдеться не лише щодо єдності одиниць вимірювання, методів і методик вимірювання, методик опрацювання результатів вимірювальних експериментів, методів оцінювання точності результатів вимірювання тощо, але й про *єдність метрологічної термінології*. Однак, як видно із табл. 1, деякі ключові терміни, наведені у чинному ДСТУ 2681-94 [4], відрізняються від їх сучасного трактування згідно із *VIM*3 [2], що є його суттєвим недоліком.

1.2. Аналіз переваг основних метрологічних термінів із ДСТУ 2681-94 порівняно з *VIM*3

Однак, потрібно зазначити, що у ДСТУ 2681-94 [4] є означення ряду термінів, які точніше відображають їх метрологічну сутність, ніж у *VIM*3 [2], або взагалі відсутні у *VIM*3 [2]. Зокрема, йдеться щодо термінів «*засіб вимірювальної техніки*» (ЗВТ) та «*метрологічні характеристики*» засобів вимірювальної техніки (див. табл. 2). Стосовно ЗВТ, то у ДСТУ 2681-94 [4] вони чітко розділені на «*засіб вимірювань*» та «*вимірювальний пристрій*», чого немає у *VIM*3 [2]. Також чітко означено поняття «*метрологічні характеристики*» ЗВТ. І таких прикладів є багато.

Отже, у разі формування нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення» доцільно враховувати як нові терміни *VIM*3 [2], так і терміни ДСТУ 2681-94 [4] та інших НД і наукових праць, виходячи з їх змісту та актуальності [12—14].

Таблиця 1. Метрологія та вимірювання: порівняння означень термінів у ДСТУ 2681-94 та VIM3

Table 1. Metrology and Measurement: Comparison of terms in DSTU 2681-94 and VIM3

№ з/п	**ДСТУ 2681-94** [4]	***VIM3*** [2]
1.1	***Метрологія*** — наука про вимірювання [4, п.4.2]	***Метрологія*** (англ. — *metrology*) — наука про вимірювання та їх застосування [2, п.2.2]
1.2	***Вимірювання*** — відображення вимірюваних величин їх значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів [4, п.4.1]	***Вимірювання*** (англ. — *measurement*) — процес експериментального отримання (визначення) одного чи більше значень величини, які обґрунтовано можуть бути приписані величині [2, п.2.1]
1.3	**Вимірювана величина** — Фізична величина чи параметри її залежності, що підлягають вимірюванню [4, п.4.4]	***Вимірювана величина*** (англ. — *measurand*) — величина, що підлягає вимірюванню [2, п.2.3]
1.4	***(Фізична) величина*** — властивість, спільна в кількісному відношенні у багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальна в кількісному відношенні у кожного із них [4, п.3.1]	***Величина*** (англ. — *quantity*) — властивість явища, тіла або речовини, що може бути виражена кількісно у виді числа із відмінною (відмітною) ознакою як основою для порівняння [2, п.1.1]. Основою для порівняння (англ. — *reference*) може бути одиниця вимірювання (одиниця величини), методика вимірювання, стандартний зразок або їх комбінація
1.5	***Результат вимірювання*** — значення фізичної величини, отримане шляхом її вимірювання [4, п.5.2]	***Результат вимірювання*** (англ. — *measurement result, result of measurement*) — набір значень величини, що приписуються вимірюваній величині разом із будь-якою іншою доступною та суттєвою (істотною) інформацією [2, п.2.3]. Зазвичай, результат вимірювання виражається одним виміреним значенням величини і невизначеністю (непевністю) вимірювань
1.6	***Абсолютна похибка (вимірювання)*** — різниця між результатом вимірювання та умовно істинним значенням вимірюваної величини [4, п.5.2]	***Похибка вимірювання, похибка*** (англ. — *measurement error, error of measurement, error*) — різниця між *виміреним* значенням величини і *опорним* значенням величини [2, п.2.16]
1.7	—	***Вимірене значення величини*** (англ. — *measured quantity value*) — значення величини, яке представляє результат вимірювання [2, 2.16]
1.8	***Умовно істинне значення (фізичної величини);*** *дійсне значення (фізичної величини)* — значення фізичної величини, отримане експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що його можна використати замість істинного для певної мети [4, п.3.25]	***Опорне значення величини, опорне значення*** (англ. — *reference quantity value, reference value*) — значення величини, яке використовується як основа для зіставлення зі значеннями величини того ж роду [2, п.5.18]. *Опорне значення* величини може бути ***істинним значенням*** величини, що підлягає вимірюванню, в такому разі воно ***невідоме***, або ***прийнятим значенням*** величини, в такому разі воно ***відоме***
1.9	—	***Прийняте значення величини, прийняте значення*** (англ. — *conventional quantity value*) — значення величини, за угодою приписане величині для певної мети [2, п.2.12]. *Прийняте значення величини* зазвичай розглядають як таке, що має достатньо малу чи нехтовно малу (для певного аналізу) *невизначеність* (*непевність*)

2. ВИРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО СТРУКТУРИ НОВОГО НОРМАТИВНОГО ДОКУМЕНТА «МЕТРОЛОГІЯ. ТЕРМІНИ ТА ОЗНАЧЕННЯ»

Насамперед, необхідно затвердити структуру нового НД «Метрологія. Терміни та означення». З цією метою проаналізовано структуру і зміст чинного ДСТУ 2681-94 [4] та *VIM*3 [2]. Зроблено висновок відносно того, що основні змістові розділи ДСТУ 2681-94 є достатньо вдалими, й їх варто взяти за основу. Окрім того, вони добре гармонізовані зі структурою *VIM*3 (таблиця 3). Ураховуючи положення Закону

Таблиця 2. Засоби вимірювальної техніки: порівняння означень термінів у ДСТУ 2681-94 та VIM3

Table 2. Means of measuring technique: comparison of term definitions in DSTU 2681-94 and VIM3

№ з/п	**ДСТУ 2681-94** [4]	***VIM3*** [2]
2.1	***Засіб вимірювальної техніки*** — технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики [4, п.6.10]. *Примітка.* До засобів вимірювальної техніки відносять *засоби вимірювань* та *вимірювальні пристрої*	***Засіб вимірювань*** (англ. — *measuring instrument*) — пристрій, що використовується для виконання вимірювань окремо або у поєднанні з одним або декількома додатковими пристроями [2, п.3.1]. *Примітка* 1. Засіб вимірювань, який можна використовувати окремо, є *вимірювальною системою* (англ. — *measuring system*). *Примітка* 2. Засіб вимірювань може бути *показувальним вимірювальним приладом* (англ. — *indicating measuring instrument*) або *матеріальною мірою* (англ. — *material measure*)
2.2	***Метрологічні характеристики*** — характеристики засобів вимірювальної техніки, які нормуються для визначення результату вимірювання та його похибок [4, п.7.1]	—
2.3	***Засіб вимірювань*** — засіб вимірювальної техніки, — технічний засіб, який реалізує процедуру вимірювань [4, п.6.11]	—
2.4	***Вимірювальний пристрій*** — засіб вимірювальної техніки, в якому виконується лише одна із складових частин процедури вимірювань (вимірювальна операція) [4, п.6.11]	—

Таблиця 3. Структура пропонованого нового НД «Метрологія. Терміни та означення»

Table 3. Structure of the proposed new regulatory document «Metrology. Terms and efinitions»

№ з/п	Пропонований НД	ДСТУ 2681-94 [4]	***VIM3*** [2]
1	Галузь використання	Галузь використання	Introduction
2	Основні положення	Основні положення	Conventions
3	Метрологія та її розділи	—	—
4	Величина та її одиниці	Фізична величина та її одиниці	Quantities and units
5	Вимірювання	Вимірювання	Measurement
6	Характеристики вимірювань	Характеристики вимірювань	Measurement
7	Засоби вимірювальної техніки	Засоби вимірювальної техніки та методи вимірювань	Devices for measurement
8	Характеристики засобів вимірювальної техніки	Характеристики засобів вимірювальної техніки	Properties of measuring devices
9	Методи вимірювань	—	—
10	Еталони одиниць величин	Еталони одиниць фізичних величин	Measurement standards (Etalons)
11	Метрологічна діяльність	Метрологічна служба та її діяльність	—
13	Бібліографія	Список використаних джерел	Bibliography
14	Алфавітний покажчик	Алфавітний покажчик	Alphabetical index

України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [9], доцільно ввести до змісту пропонованого НД розділ під назвою «Метрологічна діяльність».

Використання у метрологічній практиці єдиних, визнаних на міжнародному рівні термінів дає можливість забезпечити адекватний підхід до розуміння суті вимірювань, оцінювання точності та якості результатів вимірювань, до метрологічного забезпечення вимірювань, метрологічної простежуваності та взаємного визнання результатів вимірювань.

Зокрема, доцільно акцентувати увагу на трактуванні понять, які або «*застарілі*» по-

рівняно із *VIM*3 [2], або взагалі відсутні у ДСТУ 2681-94 [4]:

- поняття «*вимірювання*» і пов'язані з ним поняття «*величина*» та «*вимірювана величина*»;
- поняття, які характеризують точність вимірювань — «*похибка* (*результату*) *вимірювання*» і «*непевність* (*результату*) *вимірювання*»;
- нові поняття, які характеризують якість вимірювань — «*метрологічна простежуваність*», «*метрологічне співставлення*» та «*метрологічна сумісність*» результатів вимірювань;
- поняття «*метрологічної відповідності*» засобів вимірювальної техніки, зокрема, їх «*верифікації*», «*калібрування*» та «*валідації*».

ВИСНОВКИ

1. Суттєве розширення номенклатури вимірюваних величин, зумовлене введенням у метрологічну практику Міжнародного словника з метрології *VIM*3, який відображає розвиток поняттєво-термінологічного забезпечення сучасної метрології, і становленням нових задач метрології в таких сферах людської діяльності, як кваліметрія, медицина, торгівля, економіка, промисловість, освіта, психологія, соціальна сфера тощо, потребує вдосконалення метрологічної термінології.

2. Чинний сьогодні в Україні ДСТУ 2681-94 «Метрологія. Терміни та визначення» не повною мірою відповідає сучасним вимогам щодо термінології, зокрема, щодо трактування ключового поняття метрології — «*вимірювання*» і пов'язаних з ним понять «*величина*» та «*вимірювана величина*», що вказує на потребу розроблення нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення», гармонізованого, насамперед, з *VIM*3 та іншими міжнародними нормативними документами.

3. У процесі формування нового нормативного документа «Метрологія. Терміни та означення» доцільно враховувати як нові терміни *VIM*3, так і терміни ДСТУ 2681-94 та інших нормативних документів і наукових праць, виходячи з їх змісту та актуальності [12–14].

Запрошуємо до дискусії

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Володарський Є.Т. Понятійно-термінологічні аспекти сучасної метрології / Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева // Український метрологічний журнал (Volodarskyy Y. Terminological aspects of modern metrology / Ye.T. Volodarskyy, L.O. Kosheva // Ukrainian Metrological Journal). — 2012. — № 1. — С/Р. 3—10.
2. International vocabulary of metrology: Basic and general concepts and associated terms (VIM3). JCGM 200:2012 (E/F). — 91 p.
3. Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM: A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Metric Convention. — Intergovernmental Organization of the Metric Convention, 2007. — 148 p.
4. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681-94. — [Чинний від 1996-01-01]. — К.: Держстандарт України (Metrology. Terms and Definitions: DSTU 2681-94. — [In force of 1996-01-01]. - Kyiv: State Standard of Ukraine), 1994. — 68 с/р. — (Державний стандарт України) (State Standard of Ukraine).
5. Дороговець М. Проблеми термінології Державного стандарту України ДСТУ 2681 «Метрологія. Терміни та визначення» / М. Дороговець, Б. Стадник // Вісник: Проблеми української термінології. Матеріали 6-ї Міжнародної наукової конференції (Dorozhovets M. Problems of the terminology of the State Standard of Ukraine DSTU 2681 «Metrology. Terms and definitions» / M. Dorozovets, B. Stadnyk // Bulletin: Problems of Ukrainian terminology. Materials of the 6th International Scientific Conference). — 2000. — № 402. — 420 с/р.
6. Основи метрології та вимірювальної техніки: [підручник для вузів у двох томах]/ [М. Дороговець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.]; За ред. професора Б.І. Стадника. — Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка» (Fundamentals of Metrology and Measuring Technology: [textbook for universities in two volumes] / [M. Dorozevets, V. Motalo, B. Stadnyk and others.]; Ed. professor B.I. Stadnyk — Lviv: Lviv Polytechnic National University). — 2005. — Т/V. 1. Основи метрології (Fundamentals of Metrology). — 532 с/р.; Т/V. 2. Вимірювальна техніка (Measuring technique). — 656 с/р.
7. Микийчук М.М. Метрологічне забезпечення якості продукції на етапі виготовлення / М.М. Микийчук. — Монографія, вид-во Черемош (Mykyychuk M.M. Metrological assurance of product quality at the manufacturing stage / M. M. Mykyychuk. — Monograph, Cheremosh), 2014. — 265 с/р.
8. Неєжмаков П.І. Реформа *SI* та перебудова системи еталонів електричних одиниць / П.І. Неєжмаков, Ю.Ф. Павленко, Н. М. Маслова // Український метрологічний журнал (Neezhmakov P.I. Reform of SI and reorganization of the electric units system / P.I. Neyezhmakov, Yu.F. Pavlenko, N.M. Maslova // Ukrainian Metrological Journal). — 2013. — № 1. — С. 3—13.

9. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения: РМГ 29-2013. — [Введен 2015-01-01]. — М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (State system for ensuring the measurements uniformity. Metrology. General terms and definitions: RMG 29-2013. — [Begun 2015-01-01]. — M.: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification), 2015. — 56 с/р.
10. Чуновкина А.Г. О характеристиках качества измерений и результатов измерений / А.Г. Чуновкина, Н.А. Бурмистрова // Системи обробки інформації (Chunkovina A.G. On characteristics of measurement quality and measurement results / A.G. Chunkovina, N.A. Burmistera // Systems of information processing). — 2012. — № 1 (99). — С/Р. 2—5.
11. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», №1314-VII від 05.06.2014 р. / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К.: Парлам. вид-во, 2014 — (Бібліотека офіційних видань) (The Law of Ukraine «On Metrology and Metrological Activity», № 1314-VII dated 05/06/2014. / Verkhovna Rada of Ukraine. — Officer kind. — K.: Parlam. Kind-2014, — (Library of Official Publications). — 28 с/р. — (Закон України) (Law of Ukraine).
12. Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання: ДСТУ *ISO* 10012:2005 (ISO 10012:2003 IDT). — [Чинний від 2007-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Measurement management systems. Requirements for measurement processes and measuring equipment: DSTU ISO 10012: 2005 (ISO 10012: 2003 IDT). — [Effective from 2007-01-01]. — K .: Derzhspozhyvstandart of Ukraine), 2007. — 19 с/р. — (Національний стандарт України) (National Standard of Ukraine).
13. Точність (правильність) і прецизійність методів і результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення: ДСТУ ГОСТ *ISO* 5725-1:2005. — [Чинний від 2005-30-12]. — К.: Держспоживстандарт України (Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions: DSTU GOST ISO 5725-1: 2005. — [Effective from 2005-30-12]. — K.: Derzhspozhyvstandart of Ukraine), 2006. — 21 с/р. — (Національний стандарт України) (National Standard of Ukraine).
14. International Vocabulary of Terms in Legal Metrology: International document OIML D VIML2. — 3rd Committee Draft (VIML2 3CD). — 2011. — 69 p.

Отримано / received: 30.11.2017.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
22-й Міжнародний молодіжний форум
«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА І МОЛОДЬ У XXI СТОЛІТТІ»
м. Харків, 17—19 квітня 2018 р.

В рамках Форуму будуть проведені 11 тематичних конференцій.

Робочі мови форуму — українська, англійська, російська.

Планується видання **збірників тез доповідей за тематичними конференціями** до початку форуму.

ДЛЯ УЧАСТІ У РОБОТІ ФОРУМУ необхідно надати в електронному виді:

- Тези доповіді, оформлені у відповідності з вимогами.
- Заявку із зазначенням тематичної конференції форуму та секції.

ОСТАННІЙ ТЕРМІН ПОДАННЯ МАТЕРІАЛІВ: — 15 березня 2018 р.

У збірники наукових праць (трудів) Форуму включаються тези доповідей, які пройшли попередній відбір Оргкомітетом.

ТЕМАТИЧНІ КОНФЕРЕНЦІЇ ФОРУМУ

1. **«Електронна, лазерна та біотехнічна інженерія»**
2. **«Автоматизовані системи та комп'ютеризовані технологіїрадіоелектронного приладобудування»**
3. **«Інформаційні радіотехнології та технічний захист інформації»**
4. **«Перспективи розвитку інфокомунікацій та інформаційно-вимірювальних технологій»**
5. **«Комп'ютерні системи і мережі управління та опрацювання даних»**
6. **«Інформаційні інтелектуальні системи»**
7. **«Математичне моделювання, системний аналіз і теорія оптимальних рішень»**
8. **«Гуманітарні аспекти становлення інформаційного суспільства»**
9. **«Управління знаннями та конкурентна розвідка»**
10. **«Актуальні проблеми економічної кібернетики та економічної безпеки»**
11. **«Україна в історіко-культурному та мовному просторі»**

Адреса оргкомітету:
61166, Україна, м. Харків, просп. Науки, 14, ХНУРЕ, НДВ (кімн. **437**)
Контактні телефони: (057) 702-13-97
факс: (057) 702-13-97
E-mail: **mref21@nure.Ua**; сайт: **www.Nure.Ua**

УДК 621. 3. 014. 33: 389

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ЯКОРЯ ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЙ КАТАПУЛЬТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО ГРАВИМЕТРА С СИММЕТРИЧНЫМ СПОСОБОМ ИЗМЕРЕНИЯ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

В. Болюх, доктор технических наук, профессор кафедры общей электротехники,
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
А. Омельченко, кандидат технических наук, доцент кафедры «сети связи»,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
П. Неежмаков, доктор технических наук, генеральный директор,
А. Винниченко, ведущий инженер, ученый-хранитель эталона единицы ускорения свободного падения,
Национальный научный центр «Институт метрологии», Харьков

Выполнена оценка предельных отклонений траектории свободного полета пробного тела от вертикали, которые могут привести к срыву интерференции в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве баллистического лазерного гравиметра с симметричным способом измерения ускорения свободного падения. Обоснована конструкция гравиметра с индукционно-динамической катапультой, в которой осуществляется прямое электромеханическое преобразование энергии. С использованием 3D математической модели катапульты установлены предельные значения начального бокового смещение якоря и его наклона относительно обмотки индуктора. Предложено техническое решение по обеспечению допустимой начальной несимметрии якоря в катапульте гравиметра.

The limiting deviations of the trajectory of the free flight of the test body from the vertical are estimated, which can lead to disruption of interference in the laser-optical receiving-emitting device of a ballistic laser gravimeter with a symmetrical method of measuring the acceleration of gravity. The design of a gravimeter with an induction-dynamic catapult, in which a direct electromechanical energy conversion is realized, is substantiated. Using the 3D mathematical model of the catapult, the limiting values of the initial lateral displacement of the armature and its inclination relative to the winding of the inductor are established. A technical solution is proposed to ensure the permissible initial asymmetry of the anchor in the gravity catapult.

Ключевые слова: *баллистический лазерный гравиметр, симметричный способ измерения ускорения свободного падения, индукционно-динамическая катапульта, предельные отклонения траектории свободного полета, предельные значения начальной несимметрии.*
Keywords: *ballistic laser gravimeter, symmetrical method of measuring the acceleration of gravity, induction-dynamic catapult, limiting deviations of the trajectory of the free flight, limiting values of the initial asymmetry.*

Для высокоточных измерений абсолютного значения ускорения свободного падения g применяются баллистические лазерные гравиметры (БЛГ), в которых осуществляется подбрасывания пробного тела (ПТ), представляющего собой оптический уголковый отражатель (УО) в специальном корпусе и являющегося составной частью измерительной системы лазерного интерферометра Майкельсона [1—3]. В мировой практике используются два типа баллистических гравиметров со свободным движением ПТ в гравитационном поле, которые реализуют симметричный и несимметричный способы измерения ускорения свободного падения. Гравиметры с симметричным способом измерения имеют ряд достоинств. Поскольку сила сопротивления газовой среды воздействуют на результат измерения с противоположными знаками при взлете и падении ПТ, происходит их взаимная компенсация. Основной недостаток гравиметров с симметричным способом измерения состоит в наличии механического воздействия, которое возникает при броске ПТ катапультой. Сравнительно короткий толчок катапульты порождает колебания фундамента и всех оптико-механических элементов гравиметра, что обуславливает соответствующую составляющую погрешности измерения g [4]. Один из возможных путей уменьшения автосейсмической составляющей погрешности измерения g состоит в уменьшения массы ПТ и подвижных элементов. Для этого предложено в БЛГ использовать индукционно-динамическую

© Болюх В., Омельченко А., Неежмаков П., Винниченко А., 2017

катапульту (ИДК), обеспечивающую вертикальное подбрасывание якоря с ПТ относительно индуктора, возбуждаемого от емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) [5]. При этом осуществляется прямое электромеханическое преобразование энергии при свободном перемещении якоря и устраняется целый ряд систематических погрешностей.

Индукционно-динамические преобразователи широко используются в различных областях науки и техники [6—8]. В известных электромеханических преобразователях для центрированного аксиального перемещения якоря применяются специальные направляющие элементы. Однако для БЛГ необходима катапульта, в которой не должно быть взаимодействия между якорем, подбрасывающим ПТ, и направляющими элементами, поскольку при этом нарушается динамика свободного полета ПТ. Нарушение динамики вертикального полета ПТ возможно за счет начальных отклонений якоря относительно неподвижной обмотки индуктора катапульты.

Целью статьи является оценка влияния начальных отклонений якоря, подбрасывающего ПТ, относительно обмотки индуктора индукционно-динамической катапульты, на точность БЛГ.

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА БЛГ С ИДК

Рассмотрим БЛГ с ИДК, в которой при соосности обмотки индуктора и якоря осуществляется свободный вертикальный полет ПТ (рис. 1).

БЛГ содержит ПТ 1 с УО 2, вакуумную камеру 3, на верхней стенке которой установлено лазерно-оптическое приемно-излучающее устройство 4 [9, 10]. На днище 5 вакуумной камеры 3 на демпферах 6 установлена массивная силовая плита 7, на которой зафиксированы ферромагнитный сердечник 8 с обмоткой индуктора 9, направляющие вертикальные стойки 10. В вакуумной камере 3 расположен якорь 11, который соединен с силовым толкающим диском 12. В силовом толкающем диске 14 выполнены отверстия 13, коаксиально соединенные с подшипниками 14, которые охватывают вертикальные стойки 10. Подшипники 14 обеспечивают свободное перемещение вдоль направляющих стоек, осуществляя взаимодействие только при критическом отклонении якоря с ПТ от вертикальной оси. Для стабилизации начального положения якоря 11 к днищу ПТ 1 присоединен направляющий конус 15, форма боковых стенок которого совпадает с формой направляющей конусообразной аксиальной выемки 16 центрального сердечника обмотки 9. Ферромагнитный сердечник 8 выполнен из магнитодиэлектрика, что устраняет вихревые токи и обеспечивает экранирование магнитных полей рассеяния [11].

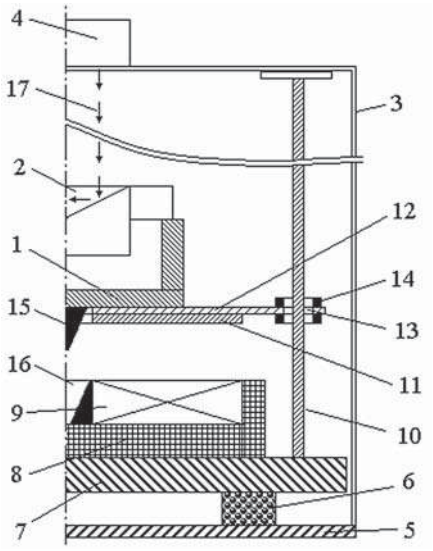


Рис. 1. Схема БЛГ с ИДК
Fig. 1. Scheme BLG with IDK

При разряде ЕНЭ на обмотке индуктора 9 возникает первый импульс тока, под действием которого магнитное поле наводит в электропроводящем якоре 11 ток. Под действием аксиальных электродинамических усилий (ЭДУ) f_z отталкивания якорь 11 вместе с силовым диском 12 и ПТ 1 совершают свободное вертикальное перемещение Δz. При этом включается приемно-излучающее устройство 4, воздействующее на УО 2 посредством оптического луча 17, и осуществляется измерение g. При падении якоря 11 вниз в момент приближения его к обмотке индуктора 9 возбуждают повторный импульс тока. Поскольку остаточное напряжение ЕНЭ меньше начального, возникающие ЭДУ f_z отталкивания достаточны для плавного торможения якоря с ПТ.

В данной ИДК возможны начальные отклонения якоря, такие как осевое смещение или поворот на некоторый угол относительно оси обмотки индуктора. Такие начальные отклонения влияют на характер свободного полета якоря с ПТ. В результате свободный полет якоря с ПТ будет происходить с отклонением от вертикальной оси, что может привести к нарушению интерференции отраженного луча в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ и к невозможности высокоточных измерений g.

Проанализируем влияние параметров свободного полета ПТ на показатели БЛГ и установим величины допустимых отклонений траектории движения ПТ от вертикальной оси и угловой скорости вращения ПТ. Такой анализ необходим для оценки точности

начальной установки подвижного якоря относительно неподвижной обмотки индуктора ИДК.

ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕТА ПТ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЛГ

Оценим отклонения траектории свободного полета ПТ от вертикали, которые могут привести к срыву интерференции в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ. УО представляет собой совокупность трех плоских зеркал, расположенных во взаимноперпендикулярных плоскостях, проходящих через две оси декартовой системы координат $\{x, y, z\}$ (рис. 2).

УО изменяет направления компонент волнового вектора k падающей плоской волны на противоположные [12]:

$$(k_x, k_y, k_z) \rightarrow (-k_x, -k_y, -k_z). \quad (1)$$

Преобразование светового луча в УО описывается выражением [12]:

$$E_{ret}(x, y, z) = \rho E_{inc}(-x + 2x_0, -y + 2y_0, -z + 2z_0), \quad (2)$$

где E_{ret}, E_{inc} — амплитуды, соответственно световых волн отражения и падения; ρ — амплитудный коэффициент; x_0, y_0, z_0 — координаты вершины УО.

Для системы координат, в которой центр совпадает с вершиной УО, выражение (2) для отраженного светового луча принимает вид:

$$E_{ret}(x, y, z) = \rho E_{inc}(-x, -y, -z). \quad (3)$$

В плоскости, перпендикулярной направлению падающего луча, картина отражения имеет вид, изображенный на рис. 3.

Здесь точка 0 — проекция вершины УО на указанную плоскость; точки A и C представляют собой проекции падающего и отраженного лучей на указанную плоскость. В силу выражения (3) точки A и C расположены симметрично относительно точки 0 и удалены от нее на одинаковое расстояние Δs.

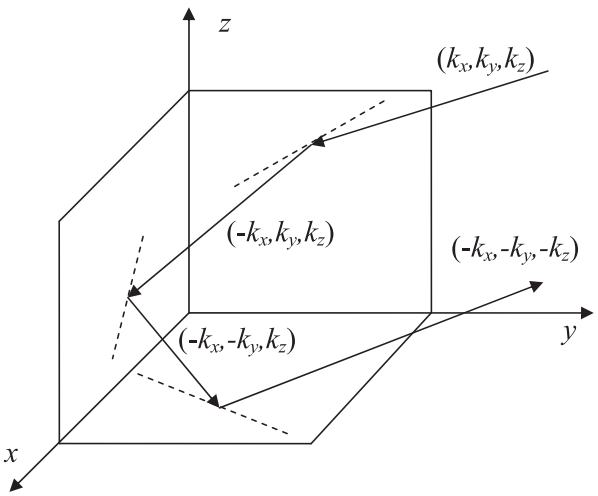


Рис. 2. Отражение оптического луча плоскими зеркалами УО

Fig. 2. Reflection of an optical ray by plane mirrors

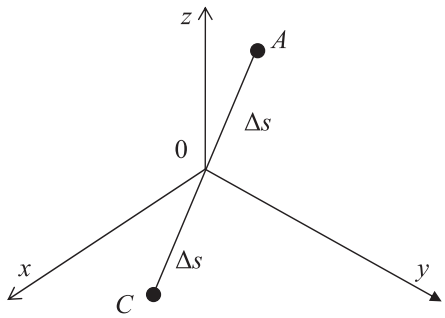


Рис. 3 Проекции падающего и отраженного лучей на плоскость, перпендикулярную направлению падения

Fig. 3. Projections of the incident and reflected rays onto a plane perpendicular to the direction of incidence

Таким образом, отклонение ПТ на величину Δs от вертикали приводит в худшем случае к отклонению отраженного луча от начального положения на расстояние $2\Delta s$. Если величина этого отклонения превысит диаметр светового пятна d, то интерференция лучей в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ исчезнет. Поэтому будем считать допустимыми такие смещения ПТ от вертикали, при которых

$$\Delta s \le d/4. \quad (4)$$

Таким образом, при диаметре светового пятна d = 3,0 мм смещение ПТ Δs не должно превышать величины 0,75 мм.

При подбрасывании ПТ возникает вращение его оптического центра относительно центра масс. Оптическая разность хода χ при этом описывается выражением [13]:

$$\chi = -(H\theta^4/4)(1/\mu^3 + 1/3\mu) - \\ - \Delta h(\theta^2 - \theta^4/12) + 2\delta(\theta - \theta^3/6), \quad (5)$$

где θ — угол поворота УО вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр масс; H — высота УО; μ — показатель преломления вещества УО; μ и δ — величины несовпадений центра масс ПТ с оптическим центром УО, соответственно по вертикали и горизонтали.

Пренебрегая в выражении (5) членами, пропорциональными величине θ^4, и предполагая равномерное вращение с угловой скоростью ω, получим

$$\chi = -\Delta h\omega^2 t^2 + 2\delta(\omega t - \omega^3 t^3/6). \quad (6)$$

Для оценки влияния оптической разности хода χ на погрешность измерения g симметричным способом сделаем в выражении (6) замену переменной $t = \tau + u$, где τ — время от броска ПТ до достижения им вершины полета, а u — время относительно вершины полета ПТ. В результате, с точностью до несущественных для измерения членов, получаем выражение:

$$\chi = -\Delta h\omega^2 u^2 - \delta\tau\omega^3 u^2. \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что погрешность измерения g равна

$$\Delta g = -\Delta h \cdot \omega^2 - \delta \cdot \tau \cdot \omega^3. \quad (8)$$

Поскольку для типовых условий величина $\omega\tau << 1$, то, согласно выражению (8), основное влияние на измерение g симметричным способом оказывет несовпадение центра масс ПТ с оптическим центром УО по вертикали. Если пренебречь вторым членом в выражении (8), то прийдем к известной оценке погрешности измерения g [14]:

$$|\Delta g| = \Delta h \cdot \omega^2. \quad (9)$$

Из выражения (9) вытекает ограничение для скорости вращения ПТ:

$$\omega \le \sqrt{\Delta g / \Delta h}. \quad (10)$$

За счет особой конструкции и калибровки можно добиться, чтобы величина Δh не превышала 0,1 мм [14]. С учетом этого, при $\Delta g \le 10^{-8}$ м/с² и $\Delta h = 10^{-4}$ м, получим ограничение для допустимой угловой скорости вращения ПТ $\omega \le 0,01$ рад/с.

Рассмотрим, при каких начальных отклонениях от симметрии якоря относительно обмотки индуктора ИДК обеспечиваются рассчитанные выше ограничения, не приводящие к срыву интерференции в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИДК

В ИДК, при возбуждении от ЕНЭ, возникают импульсные электромагнитные и механические процессы, проявляющиеся при перемещении якоря относительно индуктора. Рассмотрим математическую модель ИДК, которая использует метод конечных элементов [11]. Для определения электромагнитных параметров ИДК рассчитывается векторный магнитный потенциал A и составляющие вектора магнитной индукции B. Граничными условиями системы выступает уравнение $n \times A = 0$, где n — единичный вектор внешней нормали к поверхности. Для ферромагнитных материалов используется нелинейная кривая намагничивания $B = f(H)$, где H — напряженность магнитного поля.

Ток в обмотке индуктора определяется из уравнения:

$$(R_e + R_0) \cdot i_0 + L_e di_0 / dt +$$

$$+ (1/C)\int i_0 dt + (N_0 / s)\int_V (dA_l / dt) dv = 0;$$

$$(1/C)\int i_0 dt = U_0, \quad (11)$$

где R_e — активное сопротивление внешней цепи; R_0 — активное сопротивление обмотки индуктора; i_0 — ток обмотки индуктора; L_e — индуктивность внешней цепи; U_0 – напряжение заряда ЕНЭ; C — емкость ЕНЭ; N_0 — число витков индуктора; s – площадь поперечного сечения индуктора, пронизываемая магнитным потоком; A_l — проекция векторного магнитного потенциала на направление обхода контура; V — объем индуктора.

ЭДУ, действующие на якорь, находятся с использованием тензора натяжения Максвелла:

$$f_z = 0,5\oint_{S_a} \left[H(B \cdot n) + B(H \cdot n) - n(H \cdot B) \right] ds, \quad (12)$$

где S_a — площадь, ограничивающая поперечное сечение якоря; n — единичный вектор нормали к поверхности якоря.

Скорость и перемещение якоря с ПТ относительно обмотки индуктора вдоль оси z представляются в виде рекуррентного соотношения [7]:

$$V(t_{n+1}) = V(t_n) + \vartheta \cdot \Delta t / (P_a + P_e)$$

$$\Delta z(t_{n+1}) = \Delta z(t_n) + V(t_n)\Delta t + \vartheta \cdot \Delta t^2 / (P_a + P_e), \quad (13)$$

где $\vartheta = f_z + (-1)^m g(P_a + P_e)$; P_a, P_e — массы якоря и ПТ соответственно; $m = 1$ при восходящей и $m = 2$ при нисходящей траекториях свободного движения.

Уравнения (11)—(13) описывают электромеханические процессы в ИДК при начальных условиях: $u_c(0) = U_0$; $i_1(0) = 0$; $\Delta z(0) = 0$; $V(0) = 0$, где u_c — напряжение ЕНЭ. Решения этих уравнений получены с использованием метода конечных элементов при интегрировании по пространственным переменным и усовершенствованного метода Гира при интегрировании по времени. При перемещении якоря используется «деформируемая» сетка. Для достижения поставленной цели была разработана компьютерная 3*D* модель ИДК в программном пакете *Comsol Multiphysics*, который позволяет адаптивно изменять сетку и контролировать ошибки при работе с различными численными решениями [15]. Расчетный шаг по времени автоматически варьировался в зависимости от условий сходимости и показателей погрешности полученных решений.

Рассмотрим ИДК, которая содержит неподвижный индуктор с многовитковой, плотно намотанной и пропитанной эпоксидной смолой обмоткой с параметрами: внешний диаметр D_{ex1} = 100 мм, внутренний диаметр D_{in1} = 10 мм, высота H_1 = 10 мм, количество витков N_1 = 46 ед. медной шины сечением $a \times b$ = 1,8×4,8 мм². Якорь ИДК выполнен в виде медного диска с параметрами: внешний диаметр D_{ex2} = 100 мм, внутренний диаметр D_{in2} = 10 мм, высота H_2 = 3 мм. К якорю присоединено ПТ массой P_e = 0,275 кг. Параметры ЕНЭ: емкость C = 2850 мкФ и зарядное напряжение U_0 = 300 В.

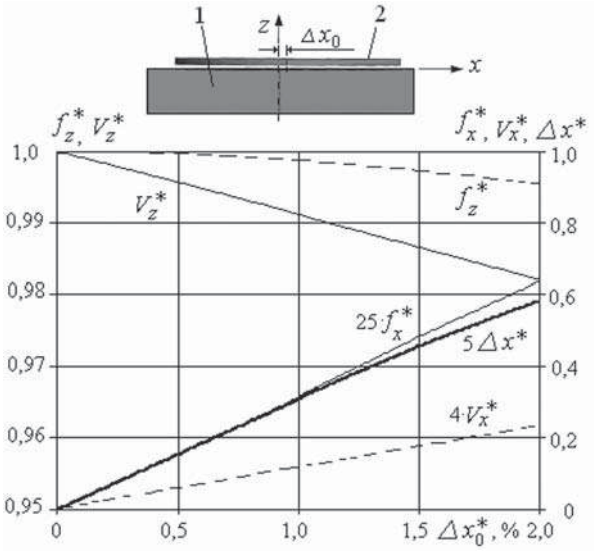


Рис. 4. Зависимость относительных значений составляющих скоростей, ЭДУ и смещения в верхней точке подбрасывания ПТ от относительного начального бокового смещения якоря

Fig. 4. Dependence of the relative values of the velocity components, EDE and bias at the upper point of the tossing of the PT from the relative initial lateral displacement of the armature

Электромеханические характеристики ИДК, в которой осуществляется строго вертикальное перемещение якоря, представлены в работе [5]. Исследуем влияние несимметрии якоря относительно обмотки индуктора, а именно, начального угла наклона α_0 и бокового смещения Δx_0, на показатели ИДК. Как показывают расчеты, в результате таких отклонений якоря, помимо вертикальных составляющих скорости V_z и ЭДУ f_z, возникают и боковые составляющие скорости V_x и ЭДУ f_x. В верхней точке подбрасывания якорь отклоняется от вертикальной оси на расстояние Δx.

На рис. 4 представлены относительные составляющие скорости и ЭДУ в зависимости от начального бокового смещения якоря Δx_0. Все указанные значения представлены в безразмерном виде и обозначены звездочкой. Составляющие скорости и ЭДУ нормированы соответствующими величинами варианта ИДК при строго вертикальном перемещении якоря, а величины смещений Δx_0 и Δx нормированы внешним диаметром якоря D_{ex2}.

При увеличении начального бокового смещения Δx_0 аксиальные составляющие ЭДУ и скорости несколько уменьшаются. При относительном начальном смещении якоря $\Delta x_0^* = 0{,}02$ его вертикальные показатели снижаются: относительная скорость составляет $V_z^* = 0{,}982$, а относительные ЭДУ $f_z^* = 0{,}996$, что не представляет существенной проблемы. Однако при этом появляются боковые составляющие скорости и ЭДУ. При относительном начальном смещении якоря $\Delta x_0^* = 0{,}02$ относительная боковая скорость составляет $V_x^* = 0{,}055$, а относительные боковые ЭДУ $f_x^* = 0{,}025$. В результате этого в верхней точке подбрасывания якорь с ПТ смещается на относительное расстояние $\Delta x^* = 0{,}12$ от центральной оси.

На рис. 5 представлены относительные составляющие скорости и ЭДУ в зависимости от начального наклона якоря относительно обмотки индуктора на угол α_0. При увеличении начального угла наклона якоря вертикальные составляющие ЭДУ и скорости также несколько уменьшаются. Так, при угле наклона $\alpha_0 = 2°$ его относительная скорость составляет $V_z^* = 0{,}97$, а относительные ЭДУ — $f_z^* = 0{,}86$. При этом также возникают боковые составляющие скорости и ЭДУ. При угле наклона якоря $\alpha_0 = 2°$ относительная скорость составляет $V_x^* = 0{,}06$, а относительные ЭДУ — $f_x^* = 0{,}026$. В результате этого в верхней точке подбрасывания якорь с ПТ смещается на относительное расстояние $\Delta x^* = 0{,}12$. Таким образом, наклон якоря на угол $\alpha_0 = 2°$ по точностным показателям практически аналогичен наличию начального смещение якоря на относительную величину $\Delta x_0^* = 0{,}02$.

Для того, чтобы обеспечить устойчивую интерференцию в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ, начальное боковое смещение якоря не должно превышать $\Delta x_0 < 0{,}11$ мм, а начальный наклон якоря не должен превышать угол $\alpha_0 < 0{,}15°$ относительно обмотки индуктора ИДК.

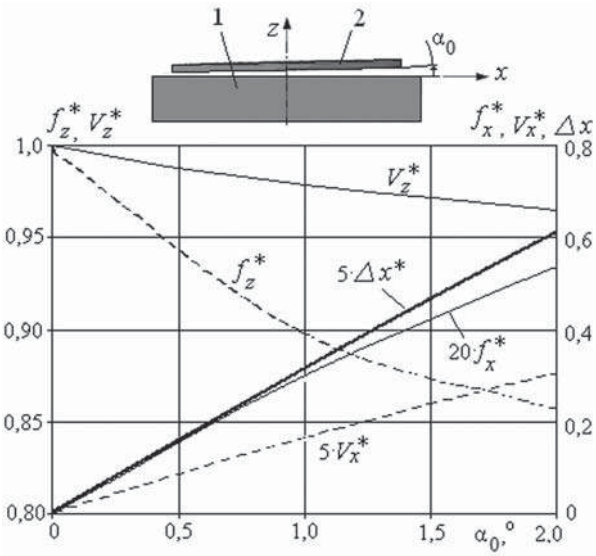


Рис. 5. Зависимость относительных значений составляющих скоростей, ЭДУ и смещения в верхней точке подбрасывания ПТ от начального угла наклона якоря

Fig. 5. Dependence of the relative values of the velocity components, EDE and bias at the upper point of the tossing of the PT from the initial angle of inclination of the armature

Чтобы обеспечить указанную начальную несимметрию якоря в ИДК, предлагается следующее конструктивное решение [9]. К днищу ПТ присоединяется направляющий конус, форма боковых стенок которого совпадает с формой направляющей конусообразной аксиальной выемки центрального сердечника обмотки (рис.1). Как показывают расчеты, вследствие этого обеспечиваются такие допустимые значения α_0 и Δx_0, при которых реализуется практически вертикальная траектория свободного полета ПТ. А значит, в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ возникает устойчивая интерференция, при помощи которой измеряют величину g.

ВЫВОДЫ

Выполнена оценка предельных отклонений траектории свободного полета ПТ от вертикали, которые могут привести к срыву интерференции в лазерно-оптическом приемно-излучающем устройстве БЛГ с симметричным способом измерения g.

Обоснована конструкция БЛГ с ИДК, в которой осуществляется прямое электромеханическое преобразование энергии и якорь подбрасывает ПТ без взаимодействия с направляющими элементами.

На базе компьютерной 3*D* модели ИДК установлено влияние начального бокового смещения якоря и его наклона относительно обмотки индуктора на осевые и боковые составляющие скоростей, ЭДУ и смещения якоря от вертикальной оси в верхней точке подбрасывания ПТ. Показано, что начальное боковое смещение якоря не должно превышать $\Delta x_0 < 0{,}11$ мм, а начальный наклон якоря не должен превышать угол $\alpha_0 < 0{,}15°$ относительно обмотки индуктора ИДК.

Для обеспечения допустимой начальной несимметрии якоря в ИДК к днищу ПТ присоединяется направляющий конус, форма боковых стенок которого совпадает с формой направляющей конусообразной аксиальной выемки центрального сердечника обмотки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Витушкин Л.Ф. и др. Лазерные интерферометры перемещений с субнанометровым разрешением в абсолютных баллистических гравиметрах // Измерительная техника (Vitushkin L.F. e. a. Laser displacement interferometers with subnanometer resolution in absolute ballistic gravimeters // Measurement Techniques) — 2012. — № 3. — С/Р. 221–228.
2. D'Agostino G., Germak A. and Origlia C. Absolute Measurements of the Free-Fall Acceleration g in Sèvres (ICAG09) // Technical report I.N.RI.M. 2009. RT N. 31/2009 (November) 36 p.
3. Jiang Z. e. a. Final report on the Seventh International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG-2005) // Metrologia. 2011. № 48. P. 246—260.
4. Болюх В.Ф., Омельченко А.В., Винниченко А.И. Влияние автосейсмических колебаний фундамента на показания баллистического гравиметра с индукционно-динамической катапультой // Измерительная техника (Bolyukh V.F., Omel'chenko A.V., Vinnichenko A.I. Effect of self-seismic oscillations of the foundation on the readout of a ballistic gravimeter with an induction-dynamic catapult // Measurement Techniques) — 2015. — № 2. — С/Р. 137—142.
5. Болюх В.Ф., Винниченко А.И. Концепция индукционно-динамической катапульты баллистического лазерного гравиметра // Измерительная техника. 2013. № 10. С. 6—10; (Bolyukh, V.F., Vinnichenko A.I. Concept of an induction-dynamic catapult for a ballistic laser gravimeter // Measurement Techniques. 2014. № 1, V. 56. N 10. P. 1098—1104).
6. Татмышевский К.В., Марычев С.Н., Козлов С.А. Магнитно-импульсные метательные средства поражения для систем активной защиты объектов особой важности // Современные технологии безопасности. 2005. № 4. С. 8—11.
7. Bolyukh V.F. e.a. High-efficiency impact electromechanical converter // Russian electrical engineering. 2011. V. 82. N 2. P. 104—110.
8. Bissal A., Magnusson J., Engdahl G. Comparison of two ultra-fast actuator concept // IEEE Trans. Magnetics. 2012. V. 48. N 11. P. 3315—3318.
9. Пат № 2491581 РФ. Баллистический гравиметр с индукционно-динамическим приводом для симметричного способа измерений ускорения свободного падения / Болюх В.Ф., Винниченко А.И. // Изобретения. Полезные модели. 2013, № 24.
10. Bolyukh V., Omelchenko A., Vinnichenko A. A ballistic laser gravimeter for a symmetrical measurement method with the inductive-dynamic catapult and autoseismic vibration preventing // Proceedings 4th IAG Symposium on Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements (TG-SMM-2016). — State Research Center of the Russian Federation. — Saint Petersburg, Russian Federation. 12-15 April 2016. Code 121590. P. 113—118.
11. Bolyukh V. F., Oleksenko S. V. The influence of the parameters of a ferromagnetic shield on the efficiency of a linear induction–dynamic converter // Russian Electrical Engineering. 2015. V. 86, N 7. P. 425—431.
12. Петров В. В. и др. Анализ информации отраженного от ретрозеркал света // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2005. Т. 7, № 3. С. 17–25.
13. Бренер В.Н., Бондарев С.С. К вопросу о применении уголковых отражателей для интерференционных измерений ускорения силы тяжести // Измерение ускорения силы тяжести и гравитационной постоянной: Тр. метрол. ин-тов. Вып. 8. Харьков: ХГНИИМ. 1972. С. 109—123.
14. Торге В. Гравиметрия: Пер. с англ. — М.: Мир, 1999. 429 с.
15. Comsol Multiphysics modeling and simulation software. http://www.comsol.com.

Отримано / received: 10.11.2017.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. І.С. Тревого (Україна).

Prof. I.S. Trevoho, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

УДК 535.34

РУКОВОДСТВО ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ СЕНСОРНОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

В. Ковальчук, доктор физико-математических наук, професор кафедры автоматизированных систем мониторинга окружающей среды, директор Одесского коледжа компьютерных технологий,
Л. Долинская, магистрант кафедры,
А. Цуркан, аспирант кафедры,
Одесский государственный екологический университет

В работе поставлена задача проанализировать возможность использования нанокластеров (НК) в качестве легирующего начала формирования кластеризованой гетероструктуры (КГС). В результате проведенного нами исследования выяснено, что механизмы формирования НК в различных конкретных случаях могут быть весьма специфичными, с элементами синергетического гетерофлуктуационного зарождения и «пошагового» структурирования. Однако, у них имеются и некие общие конструктивные особенности. Определяющее значение при этом имеет резко выраженная экстенсивность свойств кластерной фазы. В случае металлических и квазиметаллических НК размерно-зависимой оказывается энергия Ферми и соответственно электронные свойства отдельных НК и как следствие КГС. Возникают особого рода силы взаимного заряжения, ответственные за селективно-размерную стабильность НК. Морфологические формы и топология НК в пространственном распределении (массив квантоворазноразмерных НК) проявляется также в возможности технологического предопределения, например, заданных наперед величин кластерных дипольных моментов, механических свойств и каталитической активности материалов, содержащих КГС. На основе современных компьютерных моделей открывается возможность проектирования реальных НК конструкций в твердотельном матричном окружении, а также на границе раздела твердотельных систем.

In work the task to analyse possibility of use of the nanocluster as the alloying beginning of formation of the clustered heterostructure is set. As a result of the research conducted by us it is found out those mechanisms of formation of the nanocluster in different specific cases can be very specific, with elements of synergetic heterofluctuation origin and «step-by-step» structuring. However, they have also certain general design features. At the same time sharply expressed extensiveness of properties of cluster phase has the defining value. In case of the metal and quasimetal nanocluster, dimensional and dependent is Fermi's energy and, respectively, electronic properties of the separate nanocluster and clustered heterostructure. As a result, there are special type of forces of mutual loading responsible for selection dimensional stability of the nanocluster. Morphological forms and topology of the nanocluster in space distribution (array of the quantum dimensional nanoclusters) it is shown also in possibility of technological predetermination. For example, the sizes of cluster dipole moments, mechanical characteristics set beforehand and catalytic activity of the materials supporting clustered heterostructure. On the basis of modern computer models the possibility of design of the real nanoclusters of designs in solid-state matrix environment and on limit of the section opens.

В. Ковальчук

Л. Долинская

А. Цуркан

Ключевые слова: *нанокластеры, гетероструктуры, энергия Ферми, твердотельные системы.*
Keywords: *nanoclusters, heterostructures, Fermi's energy, solid state systems.*

Переход от отдельного атома к макроскопическому веществу характеризуется формированием реальных глубокосубмикронных структур (ГСС), таких как нанокластеры, квазимолекулярные агрегаты, коллоидные частицы, фракталы [1]. Реальность ГСС подтверждаетсяне только с помощью современных методов исследования (электронной и атомной силовой спектроскопии), но также и непрямыми методами, например, путем анализа последовательного изменения физико-химических свойств ГСС вплоть до свойств соответствующей макроструктуры [2].

© Ковальчук В., Долинская Л., Цуркан А., 2017

В работах [4—6] показано, что НК, по своей природе, проявляют экстенсивные свойства. В таком рефрене перспективным кажется создание приборов нового поколения, содержащих НК.

В данной работе поставлена задача проанализировать возможность использования НК в качестве легирующего начала формирования гетероструктуры (ГС) [7]. Тем более, что в настоящее время, как в объеме, так и на поверхности отдельных кристаллов специальными технологическими приемами уже могут быть созданы структуры глубокосубмикронной геометрии — от коллоидных частиц до НК, содержащих несколько десятков атомов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Теоретически [4—7, 9, 10] и экспериментально [8, 11] хорошо изучено влияние НК разных размеров (например, кремния) на оптические и другие свойства матричного материала (среди которых «красный сдвиг», проявляемый в процессе укрупнения субмикронных центров).

Важно отметить, что плотно упакованные НК структуры кремния (Si-НК) проявляют более металлические свойства, нежели ковалентные[9,10]. Этот вывод стал причиной широкой дискуссии, мотивирующей разработку новых экспериментальных методик исследований атомной и электронной структуры НК, развитие более эффективных модельно-теоретических схем. Изменения электронных свойств НК связывается с уменьшением его геометрических размеров: критические размеры Si-КС (n^*) при переходе от металлической «фазы» к ковалентной отличаются: $n^* = 100 - 1000$ [9], $n^* = 50$ [10].

В отмеченном выше контексте уместной представляется аналогия с различными стадиями фотографического процесса в серебряно-галлоидных материалах и на полупроводниках [7]. Следовательно, в монокристаллической матрице открывается возможность достаточно широкого варьирования размеров кластерных центров (КЦ) [11]. Ситуация, однако, существенно изменяется при переходе к имплантированным КЦ типа островковых структур на различных подложках. Здесь возможно использование различных «несобственных» по отношению к матричному материалу металлов.

Проведенный нами анализ литературных данных позволил выделить следующие условия образования устойчивых КЦ [7,11].

При распылении тугоплавких металлов на подложке сразу формируется множество маленьких островков (для вольфрама, например, размерами приблизительно 0,13 нм), которые, не успев выразсти, сливаются вместе, образуя уже в самом начале тонкую, но сплошную пленку. Проследить размерную зависимость свойств КЦ и их влияние на свойства матричных структур в этом случае невозможно. Лучшие возможности, в таком контексте, предоставляют переходные металлы, для которых критические размеры кластеров составляют всего лишь десятки ангстрем. Варьируя скорости формирования КЦ и температуру подложки, открывается возможность имплантации КС (размером в десятки $\overset{0}{A}$) в pCu_2S-nSi-ГП. Более того, экспериментально возможным предоставляется наблюдение обнаруженных нами так называемых «экстенсивных» эффектов: спектрально-инверсируемого и сверхлинейного фотовентильного. Это открывает и обратную возможность — по отмеченным экспериментальным эффектам можно сделать вывод о локализации в приграничной области КЦ на основе Si-КС.

В настоящей работе приводятся результаты исследования гетероперехода (ГП) pCu_2S-nSi, ряд свойств которого заслуживает внимания, в частности, применительно к оптоэлектронике и разработке фотовентильных элементов (ФВЭ).

ГП pCu_2S-nSi выполнялся в полупленочном варианте термической возгонкой в вакууме ~10^{-6} Тор порошка сернистой меди марки «ЧДА» на оптически совершенную грань (111) кристалла кремния *n*-типа, легированного фосфором, с удельным сопротивлением ~ 0,01 Ом·см. Подложка перед напылением сернистой меди протравливалась в полирующем травителе СР — 4А до удаления окисной пленки. В качестве омических контактов к сернистой меди использовалось олово, а со стороны кремния — сплав серебра с сурьмой (20 %). Образцы изготавливались в двух модификациях: диодной, с площадью ГП ~ 1 мм^2, и для измерений характеристик системы, в режиме вентильного фотоэлемента с кольцевым оловянным электродом и «рабочей» поверхностью ~ 40 мм^2.

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что кристаллическая структура слоя сильно зависит от условий напыления. Изменяя температуру кремниевой подложки от комнатной до ~ 400 °С, можно было, например, отчетливо наблюдать два фазовых перехода в пленке сернистой меди: от αCu_2S-орторомбической фазы до βCi_2S-гексагональной или тетрагональной структуры.

Помимо фазовых изменений, из-за большой летучести серы, нарушается также стехиометрия образца, а это, в свою очередь, вызывает получение сложной смеси фаз. В этой связи следует подобрать

такие условия напыления плёнок Cu_2S, при которых энергетический профиль ГП вызывает увеличение до максимального значения фоточувствительности. В этой связи разработку лабораторной технологии получения пленок Cu_2S следует начать от систематического изучения стехиометрии слоя сернистой меди по рентгеновскому эмиссионному спектру меди в составе соединения меди и серы. Для этого использован метод количественного анализа элементов в микрообъеме данного объекта. Такой анализ можно применять при определении состава включений и фаз в сплавах, при изучении процесса диффузии и при построении диаграмм состава сплавов.

По ряду эталонов с известным содержанием меди построен градуировочный график в интервале 60÷70 ат.% Cu (рис. 1). На основании последнего, в совокупности с зависимостью фоточувствительности ГП pCu_2S-nSi от температуры подложки при наращивании слоя Cu_2S, установлен состав пленки Cu_2S, соответствующий максимальной фотоактивности ГП pCu_2S-nSi (рис.2).

Согласно нашим оценкам, наибольшей фоточувствительностью обладают ГП, плёнка Cu_2S в которых содержит небольшой избыток серы (1,1 ат.%), то есть слой Cu_2S включает 34,4 ат.% серы.

На основании описанных выше экспериментов, направленных на исследование структуры плёнок сернистой меди, разработана технология получения переходов с текстурированными слоями сернистой меди мозаичного типа. Оптимальный режим для получения гетерофотоэлемента реализуется в следующей последовательности. Подложка, имеющая температуру ~ 300 °C, устанавливалась на маске над испарителем с шихтой сернистой меди и в течение 10 минут охлаждалась до температуры 150 °C.

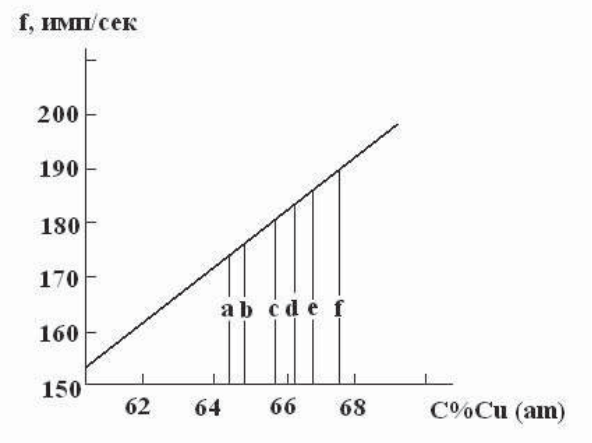


Рис. 1. Градуировочный график, построенный по эталонам с известным содержанием меди
Fig. 1. The calibration schedule constructed on standards with the known Cu content

На основе созданного таким образом переходного слоя сернистой меди в течение одного часа в стационарных условиях происходило наращивание плёнки Cu_2S; причём во время испарения поддерживалось неизменным соотношение между парциальными давлениями меди и серы за счет дополнительного испарителя с серой, температура которого составляла ~ (100÷120) °C.

Полученные описанным выше способом пленки сернистой меди имели удельное сопротивление (1,0÷10,0) Ом · см, с зеркально-гладкой поверхностью и хорошей адгезией к подложке. Появление линий Кикучи на электронограммах Cu_2S-пленок подтверждают высокую степень совершенства наращиваемой

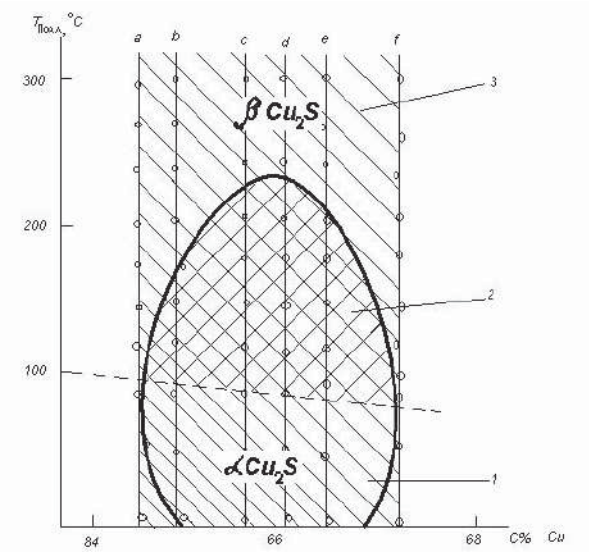


Рис. 2. Зависимость стехиометрии и состава пленок Cu_2S от температуры подложки и области различной фоточувствительности ГП pCu_2S-nSi (1 — низкая фоточувствительность, 2 — максимальная, 3 — средняя)
Fig. 2. Dependence of stoichiometry and structure of films Cu_2S vs temperatures of substrate and are a of different photosensitivity HJ pCu_2S-nSi (1 — low photosensitivity, 2 — maximum, 3 — average)

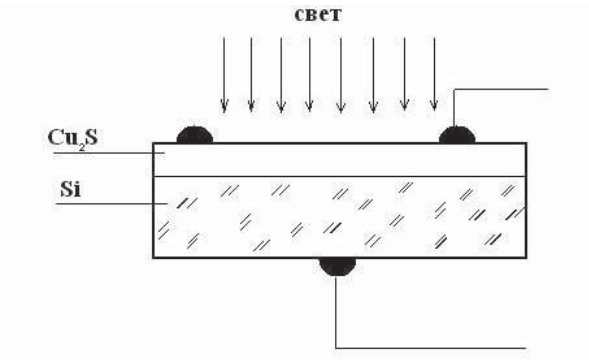


Рис. 3.Схематическое изображение фотовентильного элемента на основе ГП pCu_2S-nSi
Fig. 3. Diagrammatic representation of photovalve element on basis HJ pCu_2S-nSi

пленки сернистой меди. Об этом свидетельствует также и отсутствие рефлексов от двойников.

Схематическое изображение процедуры фотоочувствления pCu_2S-nSi-ГП представлено на рис. 3.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

С целью прогнозирования возможных свойств и практических приложений pCu_2S-nSi-ГП ставилась задача построения зонной диаграммы. Для получения зонного профиля указанного ГП учитывалась резкая асимметрия в уровнях легирования контактирующих материалов. Заметим, что электронное сродство сернистой меди значительно меньше электронного сродства кремния. Измерения температурной зависимости проводимости пленок для ширины запрещенной зоны сернистой меди дали значение 1,84 эВ, а для энергии активации акцепторов (избыточных атомов серы) — 0,17 эВ. Концентрация акцепторов определялась по эффекту Холла при комнатной температуре и составила ~ $1{,}3\cdot10^{16}$ см$^{-3}$. Такие пленки обнаружили достаточно высокую термо-ЭДС (~ 1,25 мВ/град) при комнатной температуре. Измерение ЭДС позволило оценить энергетический зазор между уровнем Ферми и верхним краем валентной зоны Cu_2S: в интервале температур 20°С $E_{fp} \approx 0{,}3$ эВ.

Контактная разность потенциалов в ГП определена по вольт-емкостным характеристикам. Из-за различия в структурах подложки (Si) и осадка Cu_2S существует большая вероятность образования ГП с высокой плотностью дефектов рассогласования на границе раздела, способных локализовать возле себя носители заряда, то есть играть роль ловушек или центров рекомбинации для электронов и дырок. Присутствие граничных состояний естественным образом может влиять на зонный профиль перехода и существенно определять его свойства.

Анализ типичной вольт-амперной характеристики при малых напряжениях подтверждает наличие активных генерационно-рекомбинационных процессов в области ГП.

Нами рассмотрены эффекты, связанные с модифицированием свойств pCu_2S-nSi-гетерофотоэлементов путем кластеризации границы раздела, например, структурами типа квазиметаллических центров. С учётом специфики данного ГП, целесообразнее всего вводить такие центры в структуру путем имплантации, которая осуществляется через нанесение металлокластерного растра островковой структуры на Si-подложку перед напылением слоя Cu_2S.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного нами исследования систематизированы в таких выводах:

1. Механизмы формирования НК в различных конкретных случаях могут быть весьма специфичными, с элементами синергетического гетерофлуктуационного зарождения и «пошагового» структурирования. Однако у них имеются и некие общие конструктивные особенности. Определяющее значение при этом имеет резко выраженная экстенсивность свойств кластерной фазы.

2. В случае металлических и квазиметаллических кластеров размернозависимой оказывается энергия Ферми и, соответственно, электронные свойства отдельных кластеров и кластеризованных гетеростуктур [7]. Как следствие возникают даже особого рода силы взаимного заряжения [11], ответственные за селективно-размерную стабильность НК, их морфологические формы и топологию пространственного распределения (растра) в массиве разноразмерных НК, что проявляется также в возможности технологического предопределения, к примеру, заданных наперед величин кластерных дипольных моментов, механических свойств и каталитической активности кластеризованных материалов [2, 4].

3. На основе современных компьютерных моделей открывается возможность проектирования реальных кластерных конструкций в твердотельном матричном окружении и на границе раздела.

ПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Physics and Chemistry of Finite Systems. From Clusters to Crystals / Eds. P. Jena, B. Rao, S.Khanna.– Amsterdam: Kluwer Academic Publ., 1992. — 343 p.
2. Ковальчук В.В. Ультрадисперсные субфазы в молекулярной электронике (обзор) // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2002. — № 3. — С/Р. 6—14.
3. Красников Г.Я., Зайцев Н.А. Система кремний-диоксид кремния субмикронных СБИС. М.:Техносфера (Krasnikov G.Ya., Zaytsevof N.A. Sistem of silicon dioxide of submicronic SBIS. — M.: Technosphere), — 2003. — 367 c/s.
4. Ковальчук В.В. Аномально-инверсируемый фотовентильный эффект в кластеризованной гетероструктуре / Дроздов В.А., Ковальчук В.В. // Сенсорная электроника (Kovalchuk V.V. The abnormal-inverted photovalve effect in clustered Heterostructure / Drozdov V.A., Kovalchuk V.V. // Sensor electronics). — 2006. — № 4. — С/Р. 9—12.
5. Kovalchuk V.V. Cluster morphology of silicon nano-

particles //Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. — 2007. — V. 10, № 4. P. 81—86.
6. Kovalchuk V.V. Nanoelectronic's material for intelectual system / Drozdov V.A., Kovalchuk V.V. // Visnyk Dnipropetrovskogo universytetu. Fizyka. Radioelectronika. — 2013. — No 2. (Issue 20), — V. 21. — P. 129—133.
7. Ковальчук В.В. Кластерная модификация полупроводниковых гетероструктур. К.: Hi-Tech. (Kovalchuk V.V. Cluster modification of semiconductor hetero structures. Kiyv: Hi-Tech.). — 2007. — 309 с/р.
8. Bloomfield L.A. Photofragmentation of Mass-resolved Si2-12 + clusters / L.A. Bloomfield, R.R. Freeman, W.L. Brown // Phys. Rev. Lett. — 1985. — V.54, No 20. — P. 2246—2249.
9. Chelikowsky J.R. Chemical Reactivity and Covalent-Metallic Bonding of SiN+ (N=11-25) Ousters / J.R. Chelikowsky, J.C. Phillips // Phys. Rev. Lett. — 1989. —V. 63, № 15. — P. 1653—1655.
10. Tomanek D. Calculation of magic numbers and the stability of small Si clusters / D.Tomanek, M.A. Schluter // Phys. Rev. Lett. — 1986. — B 56, No 10. — P. 1055—1058.
11. Глауберман А.Е. О физике фотографического процесса. Препринт ИФ ОГУим. Мечникова, — 1973. — 42 с/р.

Отримано / received: 13.12.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В.П. Квасніковим (Україна).
Prof. V.P. Kvasnikov, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ — ВКДТС-2017

З 31 жовтня до 2 листопада у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ) проводилася IV Міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» — ВКДТС-2017, яка відбувається щодва роки і присвячюється пам'яті професора Володимира Олександровича Поджаренка.

Співорганізаторами конференції виступили Академія метрології України (АМУ), ДНДІ «Система», ДП «Вінницястандартметрологія», Навчально-науковий центр «Паллада», Новий університет Лісабона (Португалія), Державна вища школа (м. Освенцім, Польща) та Люблінська політехніка (Польща); спонсорами — АМУ й ДП «Вінницястандартметрологія».

Конференція проводилася четвертий раз і вже стала традиційною та популярною не тільки в Україні, а і за кордоном. Було подано більше 150 заявок на участь. Її тематика була достатньо широкою й охоплювала великий спектр галузей технічних знань.

Робота конференції здійснювалася у чотирьох секціях за різними теоретичними і практичними напрямами. Зокрема, інтерес учасників викликали доповіді, які стосувалися

- непевності констант, закладених у переглянутій Міжнародній системі одиниць (*SI*) (ВНТУ, Вінниця);
- кваліметричних вимірювань: методології взаємозв'язку метрології та кваліметрії (НУ «Львівська політехніка»);
- новітніх принципів та методології побудови ЦАП-АЦП нового покоління (Одеська академія зв'язку);
- сучасних підходів до визначення ЗВТ витрати (Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»);
- нового способу контролю теплоти згоряння природного газу (Івано-Франківський НТУ нафти і газу);
- фотометрії світлодіодів (Харківський НУ міського господарства ім. М.О. Бекетова);
- впливу невизначеності вимірювань на вірогідність прийняття рішення (Національний авіаційний університет, м. Київ);
- параметричних розрахунків напружено-деформованого стану трубопроводів першого контуру енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000 (ТОВ «Аналітичний центр «АЛЬГІЗ», м. Київ).

«Академія метрології України — національний представник від України в ІМЕКО (International Measurement Confederation)» — з такою доповіддю на пленарному засіданні конференції виступив Академік АМУ, професор кафедри метрології й промислової автоматики ВНТУ, д.т.н. Олександр Васілевський, який вичерпно розповів про переваги, які дає це членство для вітчизняної науки (http://amu.in.ua/). Ознайомив учасників конференції з членами технічних комітетів ІМЕКО, які були делеговані АМУ і затверджені «the joint IMEKO 60th General Council + Technical Board/MEB Meetings held in Hangzhou, China on September 2nd — 3rd 2017» (дивись сторінку 1 журналу).

На конференції студенти і молоді науковці мали унікальну можливість поспілкуватися з маститими вченими, набратися нових знань, які сприятимуть їхній майбутній кар'єрі.

У цілому чергова конференція ВКДТС-2017, пройшла конструктивно, внесла помітний вклад у подальший розвиток науково-технічних основ вимірювань, контролю та діагностики у різних технічних системах, у тому числі й інформаційно-вимірювальних.

Віце-президент АМУ, д.т.н. В.Большаков,
Академік АМУ, завідувач кафедри метрології й промислової автоматики ВНТУ, д.т.н., проф. В.Кучерук

УДК 681.2:621.3.082.1:531.75.08

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИБРАЦИОННОГО УРОВНЕМЕРА С РЕЗОНАТОРОМ В ВИДЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ТРУБКИ

О. Олейник, кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерно-интегрированных технологий и метрологии,
Ю. Тараненко, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
Украинский государственный химико-технологический университет, г. Днепр

Получена математическая модель численного решения уравнения колебаний эллиптической трубки вибрационного уровнемера. Приведены примеры программной реализации визуализации формы колебаний эллиптической трубки в программной среде Python. Найдено соотношение частот колебаний трубки в двух перпендикулярных направлениях, доказано, что рассчитанное значение почти не зависит от толщины стенки резонаторной трубки.

In the article the mathematical model of the numerical solution of the oscillation equation for an elliptical tube of a vibration level is obtained. The resulted examples of program realization of visualization of the form of oscillations of an elliptical tube in the program environment Python. The ratio of the vibration frequencies of the tube in two perpendicular directions is found, it is proved that the calculated value is almost independent of the wall thickness of the resonator tube.

Ключевые слова: *эллиптическая трубка, уровнемер, частота, форма колебаний, частота.*
Keywords: *elliptical tube, level gauge,frequency, waveform, frequency.*

Вибрационные уровнемеры сегодня — это надежные и универсальные технические средства для измерения уровня. Чувствительным элементом вибрационного уровнемера служит неизнашивающийся резонатор, поэтому приборы такого типа практически не требуют обслуживания и ремонта. Вибрационные уровнемеры сверхнадежные, что является очень важным свойством для контрольно-измерительной техники, препятствующей переливам [1].

Очень частой причиной искажения информации в системах с традиционными поплавковыми или буйковыми датчиками являются отложения и налипания на чувствительных элементах, которые приводят к заклиниванию, или ограничения перемещения чувствительного элемента [2]. Поэтому специалисты метрологической службы должны с определенной периодичностью проводить проверки и обработку чувствительных элементов. Основным преимуществом вибрационных уровнемеров над поплавковыми и буйковыми является отсутствие движущихся частей, которые могут заклинить или выйти из строя в процессе эксплуатации, что снижает риск аварийного отказа оборудования [3].

В вибрационных уровнемерах выходной частотный сигнал позволяет выявить не только достижения предельной отметки уровня среды в резервуаре, но и образования отложения на резонаторе, механических повреждений. Кроме того, вибрационные преобразователи уровня работают при турбулентности, высоком давлении, при активном кипении жидкости и ее газировке (пузырьки газа). Таким образом, уровнемеры данного вида подходят для измерения уровня практически всех жидких сред [4].

О. Олейник

Ю. Тараненко

© Олейник О., Тараненко Ю., 2017

Однако, данные [5] показывают, что в 80 % случаев на производствах для измерения уровня в различных емкостях используются поплавковые и буйковые уровнемеры. На остальные 20 % приходятся все остальные виды уровнемеров. Очевидно, одной из причин, сдерживающих широкое применение вибрационных уровнемеров является отсутствие широкого приборного парка, в результате сложности проектирования резонаторов.

Принцип действия вибрационного уровнемера с резонатором в виде эллиптической трубки заключается в том, что упруго закрепленная трубка эллиптического сечения с помощью систем возбуждения совершает колебания в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с различными частотами, близкими к собственным [6]. Масса трубки зависит от уровня заполняющей ее жидкости. С изменением массы меняются и частоты колебаний трубки, которые и являются выходными сигналами уровнемера. Частоты несут дополнительную информацию о мультипликативных и аддитивных дополнительных погрешностях, компенсирующихся при обработке частот микропроцессором [7].

Особой сложностью при проектировании резонаторов в виде эллиптической трубки является визуализация изгибной линии трубки, поскольку начальная форма колебания зависит от многих факторов. Визуализация модели трубки позволяет увидеть, как резонирует датчик при измерении сигнала, тем самым упрощая задачу выбора оптимальных конструктивных характеристик сенсора. Эта задача решается проектировщиком путем поиска решения дифференциального уравнения свободных колебаний трубки для каждого конкретного случая эксплуатации.

Разработка программной реализации численного решения дифференциального уравнения колебания эллиптической трубки существенно упростит процесс проектирования вибрационных уровнемеров и позволит расширить парк приборов.

Цель работы — разработка математической модели и программной реализации численного решения дифференциального уравнения колебания эллиптической трубки вибрационного уровнемера. Для ее достижения необходимо решить следующие задачи:

- получить выражение соотношения для частот колебаний эллиптической трубки в двух перпендикулярных направлениях с учетом конструктивных параметров трубки;
- разработать модель программной реализации решения дифференциального уравнения колебаний трубки для соотношения частот колебаний в программной среде *Python*;
- получить визуализацию изгибной линии свободных колебаний трубки, полученных при различных условиях.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Отношение частот колебаний трубки в двух перпендикулярных направлениях может изменяться произвольно, поскольку зависит от эллипсности сечения и допустимых зазоров в системе возбуждения колебаний [8]. Закрепленная трубка эллиптического сечения представляет собой колебательную систему с распределенными параметрами, что сильно затрудняет анализ ее колебаний [9].

Рассмотрим эллиптическую трубку с длиной большой оси, равной 2a, и длиной малой оси, равной 2*b*, заполненную жидкостью (рис. 1).

Для отношения частот колебаний эллиптической трубки в двух перпендикулярных направлениях, с учетом формулы для циклической частоты осциллятора, можно получить простое соотношение [10]:

$$n = \omega_A / \omega_B = \sqrt{(C_x / M)/(C_y / M)} = \sqrt{J_x / J_y} =$$

$$= \sqrt{(a^3 \cdot b - a_0^3 \cdot b_0)/(a \cdot b^3 - a_0 \cdot b_0^3)}, \qquad (2)$$

где переменные a, b, a_0, b_0 определяются конструктивными характеристиками резонатора (рис. 1); C — жесткость трубки, M — ее масса.

Введем в выражение(2) толщину δ стенки и показатель эллипсности $\zeta = b_0 / a_0$ внутреннего сечения трубки:

$$n(\zeta) = \sqrt{\left(\frac{1}{\zeta^2}\right) \cdot \frac{(1+\delta/a_0)^3 \cdot (1+\delta/\zeta \cdot a_0) - 1}{(1+\delta/a_0) \cdot (1+\delta/\zeta \cdot a_0)^3 - 1}}. \qquad (3)$$

Полученное выражение (3) используем при разработке программы допустимого отношения частот эллиптической трубки уровнемера. Листинг программы приведен в приложении 1.

Графические результаты работы программы приведены на рис. 2.

Расчет проводился для малой внутренней полуоси равной 9 мм, для конструктивно допустимого отношения малой полуоси к большой полуоси сечения в диапазоне от 0.8 до 0.95. Это основной фактор

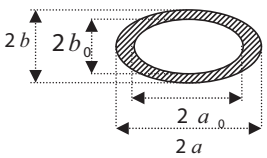


Рис.1. Расчетная схема математической модели вибрационного уровнемера с резонатором в виде эллиптической трубки
Fig.1.Calculation scheme of the mathematical model of a vibrating level gauge with a resonator in the form of an elliptical tube

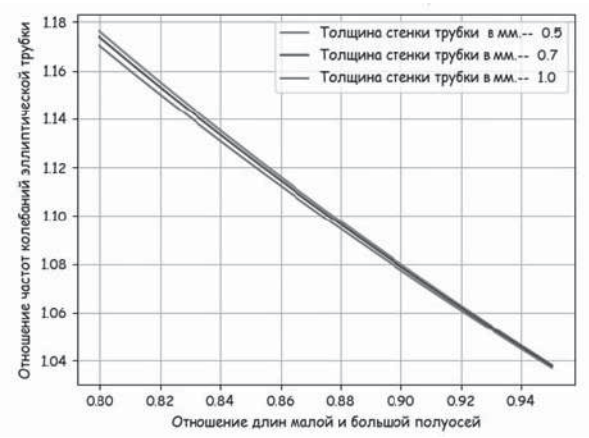


Рис.2. Расчет допустимого диапазона для отношения частот колебаний эллиптической трубки в двух перпендикулярных направлениях
Fig.2.Calculation of the permissible range for the ratio of the vibration frequencies of an elliptical tube in two perpendicular directions

Рис.3. Расчет формы изгибных колебаний осевой линии трубки
Fig. 3. Calculation of the shape of the flexural oscillations of the tube center line

влияния на отношение частот, которое изменяется от 1.18 до 1.04. При этом, как видно из графика (рис. 2), толщина стенки на расчетное соотношение влияет незначительно. Полученное значение диапазона будем использовать для дальнейшего моделирования.

Для определения форм изгибных колебаний консольной трубки можно получить выражение для распределённых параметров. Для этого распределённые механические параметры консольной трубки при помощи равенства собственных частот и импеданса, могут быть приведены к сосредоточенной массе жёсткости и демпфированию. Уравнение для форм — балочной функции имеет вид:

$$Z(x) = \sin(\alpha \cdot x) - \mathrm{sh}(\alpha \cdot x) + \\ + \frac{\mathrm{ch}(\alpha) + \cos(\alpha)}{\sin(\alpha) - \mathrm{sh}(\alpha)} \cdot (\cos(\alpha \cdot x) - \mathrm{ch}(\alpha \cdot x)), \qquad (4)$$

где α — корни уравнения:

$$\mathrm{ch}(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + 1 = 0. \qquad (5)$$

Нужно отметить, что, несмотря на большое количество публикаций о формах и частотах колебаний консольного стержня, балки или трубки [11—12] решение уравнения (4) нигде не приводится; большинство работ содержат готовые решения в виде рисунков без координат. Однако (4) представляет собой тривиальное уравнение, известное из [13]. Листинг программы для численного определения корней уравнения $\mathrm{ch}(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + 1 = 0$ и построения трёх форм изгибных форм колебаний оси трубки приведен в приложении 2.

В результате работы программы получен график для визуализации формы изгибных колебаний осевой линии трубки, построенный с учётом вертикального положения трубки (рис. 3).

На рис.3 координата осевой линии приведена к длине трубки, а амплитуда нормирована. Положение узлов колебаний трубки относительно места её крепления в точности соответствует теории колебаний [13].

Запишем два условно независимых уравнения для колебаний трубки в плоскости *OX* и *OY* с разными частотами *a* и *b*, отношение между которыми выбрано из ранее установленного диапазона. Остальные параметры выбраны в правильной взаимосвязи, но произвольно для лучшей демонстрации результата:

$$\begin{cases} \dfrac{d^2x}{dt^2} + 2 \cdot \beta_1 \cdot \dfrac{dx}{dt} + \omega_{01}^2 = F_1 \cdot \cos(a \cdot t) \\ \dfrac{d^2y}{dt^2} + 2 \cdot \beta_2 \cdot \dfrac{dy}{dt} + \omega_{02}^2 = F_2 \cdot \sin(b \cdot t) \end{cases}, \qquad (6)$$

где $F_1 = f_1/m$, $F_2 = f_2/m$ — приведенные амплитуды сил; $\beta_1 = r_1/2m$, $\beta_2 = r_2/2m$ — коэффициенты затухания; $\omega_{01} = \sqrt{c_1 / m}$, $\omega_{02} = \sqrt{c_2 / m}$ — собственные частоты колебаний систем; m — сосредоточенная масса, одинаковая для обоих уравнений, r_1, r_1 — сосредоточенные коэффициенты демпфирования, значения которых зависят от амплитуды колебания; c_1, c_1 — жёсткости, значения которых зависят от эллиптичности сечения трубки.

Листинг программы для решения каждого дифференциального уравнения системы (6), с последующим сложением для получения траектории движения конца трубки, приведен в приложении 3.

Вариативными параметрами в данной модели выступают: N — число точек оцифровки временного интервала, B — коэффициент демпфирования, f —

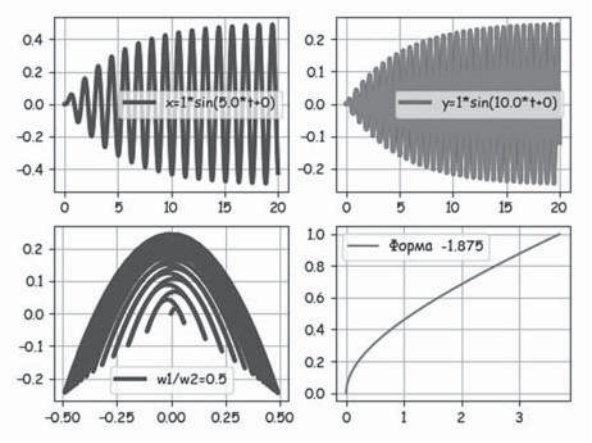


Рис. 4. Визуализация формы колебаний эллиптической трубки уровнемера
Fig. 4. Visualization of the vibration shape of an elliptical tube of a level gauge

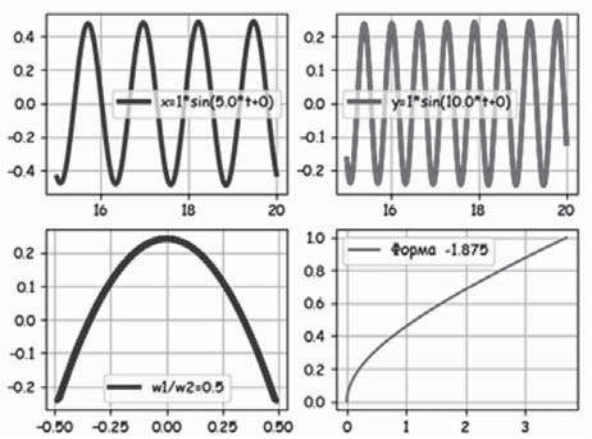


Рис.5. Визуализация формы колебания эллиптической трубки уровнемера с учетом введенного диапазона временной развертки
Fig. 5. Visualization of the oscillation of the elliptical tube of the gauge with respect to the introduced time range

амплитуда колебания, n_1, n_2 — нижняя и верхняя границы временной развертки, w_1, w_2 — частоты колебаний трубки вдоль оси ОХ и ОУ, v_1, v_2 — начальные фазы при колебании вдоль оси ОХ и ОУ.

Для значений: $N = 1000$, $B = 0.2$, $f = 1$, $n_1 = 0$, $n_2 = 20$, $w_1 = 5.0$, $w_2 = 10.0$, $v_1 = 0$, $v_2 = 0$ получены графические результаты, приведенные на рис. 4.

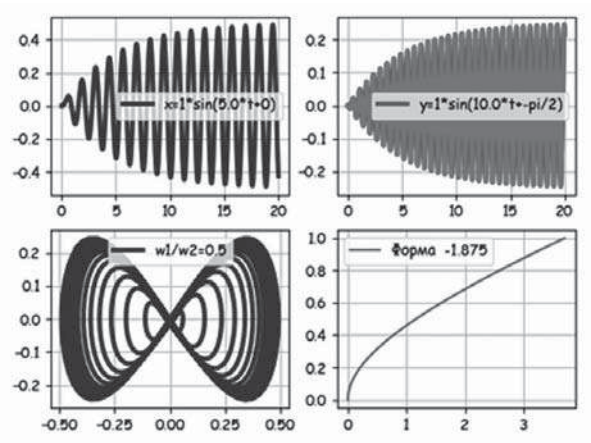


Рис. 6. Визуализация формы колебания трубки уровнемера с учетом начальной фазы колебаний
Fig. 6. Visualization of the oscillation form of the level gauge tube taking into account the initial phase of the oscillation

Для отношения частот 0.5 переходной процесс множит фигуры. Подставив диапазон временной развертки $n_{15} = 0$, $n_2 = 20$, получим графические результаты представленные на рис. 6.

Сняв ограничения диапазона временной развертки, использованные в предыдущем примере и введя начальную фазу $v_2 = -\mathrm{pi}/2$, получим траектории, приведенные на рис. 6.

ВЫВОДЫ

Предложенные варианты программной реализации численного решения уравнения колебаний эллиптической трубки в программной среде *Python* позволяют найти формы колебаний трубки при различных условиях. Разработана программа для определения допустимого отношения частот колебаний эллиптической трубки. Доказано, что толщина стенки резонаторной трубки несильно влияет на величину отношения частот. Применение данных моделей при проектировании вибрационных уровнемеров с эллиптической трубкой позволяет упростить процедуру расчета и визуализации.

Приложение 1.

```
#!/usr/bin/env python
#coding=utf8
import numpy as np
from numpy import sqrt
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib as mpl
mpl.rcParams['font.family'] = 'fantasy'
mpl.rcParams['font.fantasy'] = 'Comic Sans MS, Arial'
d=0.5
a=9
x=[w for w in  np.linspace(0.8,0.95,15)]
y=[sqrt(x**-2*((1+d/a)**3*(1+d/(x*a))-1)/((1+d/a)*(1+d/(x*a))**3-1))
for x in  np.linspace(0.8,0.95,15)]
plt.plot(x, y, 'r', label='Толщинастенкитрубкивмм. --  %s› %str(d))
d=0.7
y=[sqrt(x**-2*((1+d/a)**3*(1+d/(x*a))-1)/((1+d/a)*(1+d/(x*a))**3-1))
for x in  np.linspace(0.8,0.95,15)]
plt.plot(x, y, 'b',label='Толщина стенки трубки в мм.--  %s' %str(d))
d=1.0
y=[sqrt(x**-2*((1+d/a)**3*(1+d/(x*a))-1)/((1+d/a)*(1+d/(x*a))**3-1))
for x in  np.linspace(0.8,0.95,15)]
plt.plot(x, y, 'g', label='Толщина стенки трубки в мм.--  %s› %str(d))
plt.ylabel(‹Отношение частот колебаний эллиптической трубки›)
plt.xlabel(‹Отношение длин малой и большой полуосей›)
plt.title(‹Определение допустимого диапазона для отношения частот›)
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Приложение 2.

```
#!/usr/bin/envpython
#coding=utf8
from scipy.optimize import *
import numpy as np
from numpy import pi,cos,cosh,sin,sinh
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib as mpl
mpl.rcParams['font.family'] = 'fantasy'
mpl.rcParams['font.fantasy'] = 'Comic Sans MS, Arial'
d=[]
for i in range(0,4):
        x=brentq(lambda x:cosh(x)*cos(x)+1,0+pi*i,pi+pi*i)
        p=round(x,3)
        if p not in d:
d.append(p)
x=[w for w in np.linspace(0,1,100)]
k=d[0]
z=[sin(k*x)-sinh(k*x)+((cosh(k)    -cos(k))/(sin(k)-sinh(k)))*(cos(k*x)-
cosh(k *x) )for x in np.linspace(0,1,100)]
plt.plot(z, x, 'g', label='Первыяформадлякорня —  %s› %str(k))
k=d[1]
z=[sin(k*x)-sinh(k*x)+((cosh(k)    -cos(k))/(sin(k)-sinh(k)))*(cos(k*x)-
cosh(k *x)) for x in np.linspace(0,1,100)]
plt.plot(z, x, ‹b›, label=›Вторыяформадлякорня —  %s› %str(k))
k=d[2]
z=[sin(k*x)-sinh(k*x)+((cosh(k)    -cos(k))/(sin(k)-sinh(k)))*(cos(k*x)-
cosh(k *x)) for x in np.linspace(0,1,100)]
plt.plot(z, x, ‹r›, label=›Третьяформадлякорня —  %s› %str(k))
plt.title('Первые три формы изгибных колебаний осевой линии трубки')
plt.xlabel(' Координата вдоль оси OX ')
plt.ylabel(' Координата положения осевой линии трубки вдоль оси
OZ ')
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Приложение 3.

```
import numpy as np
from sympy import *
from IPython.display import *
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib as mpl
mpl.rcParams['font.family'] = 'fantasy'
mpl.rcParams['font.fantasy'] = 'Comic Sans MS, Arial'
def solution(w,v,i,n1,n2,B,f,N):
        t=Symbol('t')
var('t C1 C2')
        u = Function(«u»)(t)
        de = Eq(u.diff(t, t) +2*B*u.diff(t) +w**2* u, f*sin(w*t+v))
        des = dsolve(de,u)
        eq1=des.rhs.subs(t,0)
        eq2=des.rhs.diff(t).subs(t,0)
seq=solve([eq1,eq2],C1,C2)
rez=des.rhs.subs([(C1,seq[C1]),(C2,seq[C2])])
        g= lambdify(t, rez, «numpy»)
        t= np.linspace(n1,n2,N)
plt.figure(1)
        if i==1:
plt.subplot(221)
plt.plot(t,g(t),color='b',    linewidth=3,label='x=%s*sin(%s*t+%s)'
%(str(f),str(w),str(v)))
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
        else:
plt.subplot(222)
plt.plot(t,g(t),color='g',    linewidth=3,label='y=%s*sin(%s*t+%s)'
%(str(f),str(w),str(v)))
plt.legend(loc='best')
plt.plot(t,g(t),color='r', linewidth=3)
plt.grid(True)
        return g(t)
N=1000#Число точек оцифровки временного интервала
B=0.2#Установка демпфирования
f=1#Установка амплитуды
n1=0#Нижняя граница временной развертки
n2=20#Верхняя граница временной развёртки
w1=5.0#Частота колебаний трубки вдоль оси OX
w2=10.0#Частота колебаний трубки вдоль оси OY
v1=0#Начальная фаза при колебании вдоль оси OX
v2=0#Начальная фаза при колебании вдоль оси OY
g1=solution(w1,v1,1,n1,n2,B,f,N)
g2=solution(w2,v2,2,n1,n2,B,f,N)
plt.subplot(223)
plt.plot(g1,g2,color='b', linewidth=3,label='w1/w2=%s'%str(w1/w2))
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.subplot(224)
x=[w for w in np.linspace(0,1,100)]
k=1.875
z=[sin(k*x)-sinh(k*x)+((cosh(k)    -cos(k))/(sin(k)-sinh(k)))*(cos(k*x)-
cosh(k *x) )for x in np.linspace(0,1,100)]
plt.plot(z, x, 'g',label='Форма  -%s›%str(k))
plt.legend(loc=›best›)
plt.grid(True)
plt.show()
```

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Тагиров, Д. Защита от переливов в удаленных резервуарных хранилищах //Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика (Tagirov, D. Zashchit aotperelivovvudalennykhrezervuarnykhkhranilishchakh. Priboryisistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika). — 2014. — № 10. — С/S. 52—55.
2. Bera, S. A PC Based Level Indicating Controller Using a Hall Probe Sensor / S. Bera, C.B. Chakraborty, D.N. Kole // Sensors & Transducers. — 2007. — Vol. 84(10). — P. 1669—1676.
3. Sagarika, P. Design, Development and Testing of a Semi Cylindrical Capacitive Sensor for Liquid Level Measurement / P. Sagarika, B. Rasmiprava // Sensors & Transducers. — 2010. — Vol. 116(5). — P. 13—20.
4. Синсин М. Методы контроля уровня и границ раздела многофазных жидких сред для сепаратора нефти // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25–29 мая 2015 г. Т. 1. — Томск, 2015. — Изд-во ТПУ (Sinsin, M. Metody kontrolya urovnya i granits razdela mnogofaznykh zhidkikh sred dlya separatora nefti. Nerazrushayushchiy kontrol': elektronnoye priborostroyeniye, tekhnologii, bezopasnost': sbornik trudov V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchonykh), 2015. — T/T. 1. — C/S. 294—298.
5. Минаев И.Г., Воротников И.Н., Мастепаненко М.А. Универсальный способ контроля уровня различных жидкостей и аппаратный комплекс для его реализации // Вестник АПК Ставрополья (Minayev I.G., Vorotnikov I.N., & Mastepanenko M.A. Universal'nyy sposob kontrolya urovnya razlichnykh zhidkostey i apparatnyy kompleks dly ayego realizatsii. Vestnik APK Stavropol'ya). — 2012. — №. 1. — C/S. 55—58.
6. Alahnomi R.A. A Novel Symmetrical Split Ring Resonator Based on Microstrip for Microwave Sensors / R.A. Alahnomi, Z. Zakaria, E. Ruslan,

B. Mohd // Measurement Science Review. — 2016. — Vol. 16(1). — P. 21—27.
7. Kinji Haradaa. Various applications of resonant pressure sensor chip based on 3-D micromachining / Kinji Haradaa KyoichiIkedab HidekiKuwayamac HidekazuMurayamac // Sensors and Actuators A: Physical. — 1990. — Vol. 73 (3). — P. 261—266.
8. Shen M. Mode-dependent filter design for Markov jump systems with sensor nonlinearities in finite frequencydomain / M. Shen, Dan Ye, Q.Wang // Signal Processing. — 2017. — Vol. 134. — P. 1—8.
9. Oliynyk O. Development of auto-oscillating system of vibration frequency sensors with mechanical resonator / O. Oliynyk, Yu. Taranenko, A. Shvachka, O. Chorna // Eastern-European journal of enterprise technologies. — 2017. — Vol. 85. — P. 56—60.
10. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. — М.: Физматлит (Karlov N., & Kirichenko N. Kolebaniya, volny, struktury. Fizmatlit), 2008. — 496 с/s.
11. Krutii Y., Suriyaninov M., Vandynskyi V. Exact solution of the differential equation of transverse oscillations of the rod taking into account own weight // MATEC Web of Conferences. — EDP Sciences, 2017. — V. 116. — P. 20—22.
12. Ganji S.S. et al. Application of amplitude–frequency formulation to nonlinear oscillation system of the motion of a rigid rod rocking back // Mathematical Methods in the Applied Sciences. — 2010. — V. 33. — № 2. — P. 157—166.
13. Колебания и волны: учебноепособие / М. Н.Перунова; Оренбургскийгос. ун-т — Оренбург: ОГУ (Perunova, M.N. Kolebaniya i volny (uchebnoye posobiye). Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya), — 2012. — 386 с/р.

Отримано / received: 19.11.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Л.А. Назаренком (Україна).
Prof. L.A. Nazarenko, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ В ІВАНО-ФРАНКІВСЬКУ

14–16 листопада 2017 року в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу (ІФНТУНГ) відбулася 8-ма Міжнародна науково-технічна конференція пам'яті професора Ігоря Кисіля «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазового промислового обладнання». Вона стала одним із ювілейних заходів, присвячених 50-річчю ІФНТУНГ.

Організаторами конференції були Міносвіти і науки України, ІФНТУНГ, НТУУ «КПІ», ІТТФ НАНУ, НАК «Нафтогаз України»; ПАТ «Укргазвидобудування», «Укртрансгаз» та «Івано-Франківськгаз»; Українська нафтогазова академія, Українське товариство НК і ТД; НВФ «Ультракон», «Діагностичні прилади» і «Зонд». До її оргкомітету входили провідні фахівці організаторів, а також науковці з Болгарії, Грузії, Німеччини, Польщі, Узбекістану.

Робота конференції проходила на пленарних і 4 секційних засіданнях: «Фізичні основи НК і ТД. Сучасна апаратура для проведення НК і ТД»; «Технологія проведення НК і ТД машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання»; «Стандартизація, сертифікація і метрологічне забезпечення НК і ТД»; «Методи та прилади контролю якісних характеристик матеріалів і виробів».

Було подано 93 доповіді. Найбільший інтерес викликали доповіді, які стосувалися методів та засобів моніторингу об'єктів теплоенергетики та моніторингу стану тепломереж на базі безпілотних літальних апаратів; методів контролю напруженого стану трубопроводів і діагностування лічильників енергоносіїв; контролю якості підземних газових комунікацій, руйнування та росту втомних тріщин в гібридних насосних штангах; досліджень зміни напруження деформованого стану ділянки підземного трубопроводу безконтактним методом; розроблення і впровадження матеріалів для капілярної й магнітопорошкової дефектоскопії без небезпечних компонентів тощо.

О. Середюк, д.т.н., проф., завідувач кафедри ІФНТУНГ, член оргкомітету конференції

6'2017 • МЕТРОЛОГІЯ ТА ПРИЛАДИ • ISSN 2307-2180

УДК 658.3+316

ФІЛОСОФСЬКИЙ АСПЕКТ ІНФОРМАЦІЙНОГО СТАНУ ШТУЧНИХ СИСТЕМ

С. Волков, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,
О. Кисельова, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри стандартизації, оцінки відповідності та якості,
Одеська державна академія технічного регулювання та якості

Розглянуто питання філософсько-психологічного обґрунтування процесу обміну інформацією у природних і штучних системах. Показано, що можливим наближенням штучних систем до природних є оперування інформацією стосовно стану системи в категоріях якості, ґрунтуючись на синтезі показників якості штучних систем, заснованому на інформаційно-ентропійній оцінці якості об'єктів, що визначають стан штучних систем як суб'єктів інформаційної системи.

In the article, the philosophical aspect of the information state of artificial systems is investigated. A philosophical and psychological substantiation of the process of information exchange in natural and artificial systems is presented. The main difference between artificial systems and biological organisms is the operation of the information obtained. The latter operate in quality categories, whereas artificial systems operate on quantitative values using many units of measurements and scales. Approach to natural systems is the operation of information about the state of the system in quality categories, based on the synthesis of quality indicators of artificial systems. It is based on information-entropy assessment of the quality of objects that determine the state of artificial systems as subjects of the information system.

Ключові слова: *філософія інформації, інформаційний стан, інформаційна система, штучна система, ентропійна оцінка інформації.*
Keywords: *information philosophy, information state, information system, artificial system, entropy estimation of information.*

Дослідження у сфері філософії інформації сьогодні є вкрай актуальними, оскільки їх результати необхідні для формування сучасного наукового світогляду. Серед науковців, які досліджують цю проблему, особливо потрібно відзначити фундаментальні дослідження, проведені академіком А.Д. Урсулом. Його праці, опубліковані більше 30 років тому [1], є класичними роботами у цій сфері і добре відомі фахівцям. Вони залишаються актуальними і сьогодні, коли філософські проблеми інформації та кіберпростору набули особливої гостроти і розглядаються ученими всього світу.

Мета статті — дослідити філософський аспект процесу обміну інформацією у природних і штучних системах.

С. Волков

О. Кисельова

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

До сьогодні не існує єдиного визначення інформації як наукового терміна. З позиції філософії та інформатики інформація — це одне із найбільш загальних понять науки, позначає деякі відомості щодо явищ навколишнього середовища, об'єктів і процесів (їх параметрів, властивостей і стану), які сприймають суб'єкти (біологічні організми, штучні системи) у процесі життєдіяльності й роботи [2]. У [3] показано, що феномен інформації тісно пов'язаний зі структурою реальності та є результатом взаємодії матеріальних й ідеальних компонентів, які створюють цю структуру. Аналіз досліджень і публікацій (Н. Вінера, К. Шеннона, Р. Хартлі, Р. Фено, Д. Хаффмена, Р. Хеммінга, У. Пітерсона, А. Колмогорова, Л. Хінчина, В. Котельнікова, В. Глушкова,

© Волков С., Кисельова О., 2017

А. Харкевича, А. Железнова, Л. Фінка, В. Дмитриєва, Ф. Темникова, Р. Варшамова, Б. Совєтова) засвідчив, що:

1. Структура реальності навколишнього світу має властивість дуалізму, оскільки вона одночасно включає дві основні компоненти — фізичну та ідеальну реальності.

2. Здатність фізичної та ідеальної реальностей до взаємного відображення є їх фундаментальною властивістю, яка, власне, і створює можливість прояву різних аспектів феномену інформації [4].

3. Інформація не є фізичним об'єктом або процесом, а належить до світу ідеальної реальності, але для свого прояву інформація потребує об'єктів (або процесів) фізичної реальності, які й слугують її носіями.

4. Незважаючи на те, що інформація належить до світу ідеальної реальності, вона, будучи пов'язаною з одним фізичним об'єктом (або процесом), може впливати на інший об'єкт (або процес) фізичного світу, який і стає її новим носієм; так реалізується механізм передавання інформації від одного об'єкта (або процесу) фізичної реальності до іншого.

5. Для виявлення інформації, пов'язаної з деякими її носіями (об'єктами або процесами фізичної реальності), існують спеціальні процедури, найважливішою з яких є процедура порівняння.

6. Інформація є одним із основних понять інформатики; саме завдяки їй поняття інформації набуло сьогодні загальнонаукового характеру і сприяє формуванню сучасної наукової картини світу, заснованої на концепції єдності його інформаційних законів і закономірностей, зокрема, прояву інформації в різних системах, а також реалізації в них інформаційних процесів. Виявилося, що ці закономірності можуть накладати певні обмеження і на можливості реалізації фізичних процесів [5].

Дослідження засвідчують, що інформація є основним фактором у процесах самоорганізації й еволюції складних систем. Існує думка [5], що не тільки функціонування, але й саме існування будь-якої системи як стійкої організованої структури передбачає інформаційну взаємодію між її елементами, тобто їх взаємний обмін інформацією стосовно свого стану.

При цьому, згідно з теорією інформаційно-відкритих систем, запропонованою у [6], весь навколишній світ, від атомних структур до галактичних утворень, являє собою сукупність вкладених одна в одну ієрархічних систем різного рівня. Ці системи безперервно взаємодіють між собою не тільки на енергетичному рівні, але й здійснюють також інформаційні взаємодії, які є принципово важливими для їх розвитку. Окрім того, прихильники функціональної концепції все ж допускають існування інформації в біологічних структурах, що не мають свідомості [7], наприклад, у клітинах живих організмів і рослин. Інакше, як же можна тоді пояснити принципи дії їх генетичного апарату? Адже вся генетика за самою своєю суттю є наукою відносно виникнення, зберігання, передавання і зміни генетичної інформації.

Все це, в процесі вивчення складних систем, які не належать до систем живої природи, зокрема, штучних систем (ШС), дозволяє проводити аналогії й робити необхідні узагальнення результатів тих досліджень інформаційних процесів і явищ, які проводяться в рамках інших наукових дисциплін: фізики, хімії, біології, астрономії, наук про Землю, за створення нових засобів і систем інформатики, аналізу та синтезу біологічних і соціальних процесів та структур.

Розглянемо механізм отримання інформації, яка від об'єкта передається суб'єкту; для цього суб'єкт-отримувач інформації повинен відчувати в цьому потребу, тобто, бути мотивованим отримати інформацію. Мотивами прийнято вважати ті внутрішні сили, які зумовлені потребами суб'єкта та спонукають його до певної діяльності, спрямованої на їх задоволення. Потреба є станом суб'єкта, який створюється відчуттям потреби в певних об'єктах, необхідних для його існування і розвитку. Саме тому потреба виступає одним із головних джерел людської активності. Будучи мотивом діяльності та її джерелом, потреба є разом із тим й її результатом.

Пізнавальна потреба — це одна із основних потреб біологічного організму (природної системи), яка необхідна для пристосування до умов життя [8]. Сам процес пізнання можна характеризувати діяльністю, орієнтованою на отримання достовірних знань стосовно об'єкта пізнання (дослідження). Знання є інформацією, певним способом (методом) отриманою, оформленою й упорядкованою. Абсолютного знання існувати не може, тому, зважаючи на принцип дуалізму, якщо знання — інформація стосовна об'єкта дослідження, то незнання — відсутність такої [8]. Іншими словами, достовірність знання стосовно об'єкта — це повна й об'єктивна інформація щодо його властивостей та характеристик. Якщо відносно об'єкта немає ніякої інформації, то суб'єкт відносно нього нічого не знає, тобто можна стверджувати, що об'єкт інформаційно не визначений і для суб'єкта не існує. Отримання нової інформації — збільшення знань стосовно об'єкта.

Окрім наявності мотивації та пізнавальної потреби, суб'єкт, який приймає інформацію, має бути готовим до неї, тобто мати достатній досвід для порівняльного аналізу отриманої інформації, його дослідження. Коли всі умови (мотивація, потреба, готовність) виконані, відбувається процес передавання інформації, для цього об'єкт дослідження повинен інформаційно проявити себе.

У певній точці простору-часу мають відбутися такі події: зміна картини світу, тобто фізичного стану об'єкта відносно суб'єкта, передавання зміни від об'єкта до суб'єкта та його фіксація суб'єктом (рисунок).

Оскільки інформація — це абстрактне поняття, то вона не може бути передана, прийнята й опрацьована у чистому виді. Носієм інформації є повідомлення — кодований еквівалент події, що призвів до зміни фізичного стану об'єкта дослідження. Повідомлення поширюється за допомогою інформаційного каналу у виді сигналу в єдино прийнятній для певного типу каналу формі [6].

Суб'єктами, які сприймають інформацію, можуть виступати біологічні організми або штучні системи. Вище було розкрито філософсько-психологічний аспект сприйняття інформації біологічними організмами. Інша справа — штучні системи, які з'явилися в процесі науково-технічної діяльності людини і за своєю структурою і властивостями намагаються моделювати елементи і процеси живої природи для виконання заданих функцій. Але інформаційні механізми в таких системах дещо інші, наприклад, у них немає мотивації як такої; проте, з урахуванням рівня розвитку сучасних штучних систем, цілком можна говорити відносно псевдомотивації як потреби і готовності до сприйняття інформації, зумовленої необхідністю виконання вимог, спрямованих на забезпечення потреб людей, які їх створили. Щодо приймання інформації, то стосовно біологічних організмів подбала еволюція, забезпечивши їх природними інформаційними каналами для знімання, передавання, опрацювання та перетворення сигналів у повідомлення (нервовою системою, клітинами, які відповідають за інформаційне забезпечення живого організму). Імітацією природних інформаційних каналів у штучних системах є її сенсорна інфраструктура [9]. У відповідності із [5, 9] зв'язок штучних, зокрема, кіберфізичних систем із зовнішнім середовищем означає можливість отримання інформації, тобто сигналів від об'єкта, а виконання функції — перетворення за заданим алгоритмом сигналів, що надійшли у повідомленні. Отже, відповідно до рисунку штучна система повинна містити елемент — інформаційний канал для знімання та опрацювання сигналів і, залежно від функціонального призначення, елементи моніторингу та / або управління як суб'єкти системи.

Інформаційна система
Information system

Основною відміною штучних систем і біологічних організмів є оперування отриманою інформацією. Останні оперують у категоріях якості, тоді як штучні системи — кількісними значеннями із застосуванням багатьох одиниць вимірювань і шкал [10]. Наближенням до природних систем є оперування в ШС з використанням нечітких множин та нечіткої логіки [11, 12]. Однак, найбільш вдалим може бути оперування з використанням показників якості, закладених у вимогах зацікавлених сторін та вимогах до системи, закладених на стадіях задуму та розробляння життєвого циклу штучної системи. Причому єдиним для всіх ШС критерієм оцінки якості може бути застосування ентропійної оцінки інформації, що надходить від об'єкта до суб'єкта.

Уявімо точковий об'єкт із апріорно відомим детермінованим інформаційним станом як об'єкт дослідження. Очевидно, що у цьому випадку можна говорити відносно відсутності інформації від об'єкта, оскільки заздалегідь можна визначити його стан у будь-який момент часу, тобто для суб'єкта картина світу змінюватися не буде.

Припущення щодо детермінованих джерел повідомлень, рівно як і щодо детермінованих процесів, що відбуваються в ШС (зміни станів системи у будь-який момент часу, точно, певним чином), трактується як відсутність інформації для суб'єкта, цим самим забезпечуючи можливість апріорного знання.

Інша картина спостерігається за стохастичної зміни інформаційного стану об'єкта, яку в кожний момент часу можна визначити лише з певною ймовірністю. У цьому випадку, залежно від виду ймовірнісного розподілу, тобто можливості передбачення інформаційного стану, суб'єкт отримає більше або менше нової інформації стосовно об'єкта. Відносно достовірності знань тут можна говорити тільки у значенні статистичної оцінки. Виникає питання, скільки нової інформації міститься у зміні стану об'єкта дослідження або, іншими словами, якою мірою збільшаться наші знання стосовно нього? Теорія оцінювання кількісної міри інформації (інформаційної ентропії), яка характеризує ступінь зменшення невизначеності знань стосовно стану об'єкта дослідження, розроблена такими видатними вченими як Р. Хартлі, К. Шеннон, А. Колмогоров,

Р. Хеммінг [13]. Інформаційно-ентропійна оцінка якості об'єктів, що визначають стан штучних систем із застосуванням модифікованої метрики Шеннона запропонована в роботі [14], де на основі кількості інформації, що надходить від об'єкта (об'єктів) дослідження, синтезовано інтегральний показник якості стану ШС та отримано загальну і часткову аналітичні форми його представлення. Таке рішення дає можливість у процесах дослідження штучних систем оперувати в категоріях якості, ґрунтуючись на інформаційному стані об'єктів дослідження.

ЗАКЛЮЧНА ЧАСТИНА

У статі розглянуто питання філософсько-психологічного обґрунтування процесу обміну інформацією у природних і штучних системах. Показано, що можливим наближенням штучних систем до природних є оперування інформацією стосовно стану системи у категоріях якості, ґрунтуючись на синтезі показників якості штучних систем, заснованому на інформаційно-ентропійній оцінці якості об'єктів, що визначають стан штучних систем як суб'єктів інформаційної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Урсул А.Д. Проблема информации в современной науке (Философские очерки) / А.Д. Урсул. — М.: Наука (Ursul A.D. The Problem of Information in Modern Science (Philosophical Essays) / A.D. Ursul. — Moscow: Nauka), — 1975. — 287 с/р.
2. Pieter Adriaans. Information / Pieter Adriaans. // Стэндфордская философская энциклопедия (Stanford Philosophical Encyclopedia), 2012. (англ.).
3. Колин К.К. Природа информации и философские основы информатики / К.К. Колин // Открытое образование (Colin K.K. Nature of information and philosophical foundations of computer science / K.K. Colin // Open Education). — 2005. — № 2. — С/Р. 43—51.
4. Урсул А.Д. Информация. Методологические аспекты / А.Д. Урсул. — М.: Наука (Ursul A.D. Information. Methodological aspects / A.D. Ursul. — Moscow: Nauka), 1971. — 295 с/р.
5. Гуревич И.М. Законы информатики — основа строения и познания сложных систем / И.М. Гуревич [2-е изд., уточн. и дополн.]. — М.: ТОРУС ПРЕСС (Gurevich I.M. Laws of informatics — the basis of the structure and knowledge of complex systems / IM. Gurevich [2-nd ed., Spec. and add.]. — Moscow: TORUS PRESS), — 2007. — 400 с/р.
6. Кадомцев Б.Б. Динамика и информация / Б.Б. Кадомцев. — М.: «Успехи физических наук» (Kadomtsev B.B. Dynamics and information / B.B. Kadomtsev. — Moscow: «Uspekhi Fizicheskikh Nauk»), — 1997. — 400 с/р.
7. Сергин В.Я. Природа познавательных способностей человека: нейроинформатика мозга / В.Я. Сергин // Открытое образование (Sergin V.Ya. The nature of human cognitive abilities: neuroinformatics of the brain / V.Ya. Sergin // Open Education). — 2009. — №1(72). — С/Р. 78—80.
8. Грицанов А.А. Новейший философский словарь / А.А. Грицанов. — Минск: Изд. В.М. Скакун (Gritsanov A.A. The Newest Philosophical Dictionary / A.A. Gritsanov. — Minsk: Izd. V.M. Skakun), — 1998. — 896 с/р.
9. Волков С.Л. Модель сенсорно-апаратної інфраструктури кіберфізичної системи / С.Л. Волков // Збірник наукових праць сьомої міжнародної науково-практичної конференції «Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології». — Одеса: ОДАТРЯ (Volkov S.L. Model of the sensory-hardware infrastructure of the cyberphysical system / S.L. Volkov // Collection of scientific works of the seventh international scientific-practical conference «Technical regulation, metrology and information technologies». — Odessa: ODATRY), — 2017. — 157—159 с/р.
10. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; [пер. с англ.] — 2-е изд. (эл.). — М.: Бином. Лаборатория знаний (Pegat A. Fuzzy modeling and control / A. Pegat; [trans. from English.] — 2-nd ed. (e.). — Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge), — 2013. — 798 с/р.
11. Zadeh L. A. (1965) Fuzzy sets. Information and Control, yol. 8, pp. 338—353.
12. Zimmermann H. J. (1994) Fuzzy set theory and its applications. London: Kluwer Academic Publishers.
13. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов / А.Н. Колмогоров [Отв. ред. акад. Ю.В. Прохоров]. — М.: Наука (Kolmogorov A.N. Information Theory and Theory of Algorithms / A.N. Kolmogorov [Otv. Ed. acad. Yu. V. Prokhorov]. — Moscow: Nauka), — 1987. — 304 с/р.
14. Skachkov V., Chepkyi V., S. Volkov, V. Pavlovich, Synthesis of integral quality index of parametric system state in conditions of situational uncertainty / Skachkov V., Chepkyi V., S. Volkov, V. Pavlovich // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2016. — № 6/3 (84) PP. 11-18 ISSN 1729-3774 (Scopus).

Отримано / received: 13.11.2017.
Стаття рекомендована до публікації д.т.н. М.О. Тиханом (Україна).
D. Sc. (Techn.) M.O. Tykhan, Ukraine, recommended this article to be published.

Перелік статей, опублікованих у журналі «Метрологія та прилади» в 2017 році
List of Articles Published in the Journal «Metrology and Instruments» in 2017

НОМЕР ЖУРНАЛУ (СТОРІНКА)
ISSUE OF THE JOURNAL (PAGES)

МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО — **INTERNATIONAL COOPERATION**

Вітальні послання директорів Міжнародних бюро з мір і вагів Мартіна Мілтона та законодавчої метрології Стівена Паторея з нагоди Всесвітнього дня метрології 2017 Вимірювання для транспорту ..... №3 (3) ..... Messages from the Directors of the BIPM Martin Milton and of the BIML Stephen Patoray dedicated to the World Metrology Day 2017 Measurement for transport

Науковій, технічній, навчальній та метрологічній спільнотам України ..... №3 (4) ..... Scientific, Technical, Educational and Metrological Communities of Ukraine

ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ — **TRENDS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT**

Віткін Л. — Vitkin L.
Аналіз системи технічного регулювання, стандартизації, метрології в Україні та заходи щодо її удосконалення на 2017 рік ..... №1 (3) ..... Analysis of technical regulation, standardization, metrology in Ukraine and measures for its improvement in 2017

Попруга Ю. — Popruga Yu.
Департамент технічного регулювання Міністерства економічного розвитку і торгівлі України: метрологічна діяльність у 2016 році ..... №1 (8) ..... Technical Regulation Department of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine: Metrological activities in 2016

ЗАКОНОДАВЧА МЕТРОЛОГІЯ — **LEGAL METROLOGY**

Попруга Ю., Кузьменко Ю., Самойленко О., Черепков С., Жалдак М., Проненко С., Потоцький І., Ціпоренко С. — Popruga Yu., Kuzmenko Yu., Samoylenko O., Cherepkov S., Zhaldak M., Pronenko S., Pototskyi I., Tsiporenko S.
Відповідальність, компетентність, демократичність — основи політики держави у сфері метрології та метрологічної діяльності ..... №3 (8) ..... The Responsibility, Competence, Democrat — Principles of Power Politics in Sphere of Metrology and Metrological Activities

Кузьменко Ю., Черепков С., Потоцький І., Несвідоміна Л., Мілковська Н. — Kuzmenko Yu., Cherepkov S., Pototskyy I., Nesvidomina L., Milkovska N.
Калібрування засобів вимірювальної техніки відповідно до вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» та його значення для отримання зіставних та простежуваних результатів вимірювання, їх міжнародного визнання ..... №5 (3) ..... Calibration of Measuring Equipment in Accordance with the Requirements of the Law of Ukraine «On Metrology And Metrological Activity» and its Importance for Obtaining Comparable and Traceable Measurement Results, Their International Recognition

КОНЦЕПЦІЇ ТА ТЕОРІЇ — **CONCEPTS AND THEORY**

Чалий В., Чала О. — Chalyy V., Chala O.
Зміна парадигми метрології ..... №4 (42) ..... Shift of the Metrology Paradigm

МІЖНАРОДНІ ЗВІРЕННЯ — **INTERNATIONAL COMPARAISONS**

Величко О. — Velychko O.
Міжнародні ключові звірення у рамках КООМЕТ національних еталонів одиниці напруги змінного струму ..... №1 (11) ..... International Key Comparison COOMET of National Standard of Unit of AC Voltage

Гаврилкін В., Кулик С., Овчар Л. — Gavrylkin V., Kulyk S., Ovchar L.
Міжнародні звірення у сфері вимірювання вмісту нітрогену в сільськогосподарській продукції ..... №2 (3) ..... International Comparisons in the Sphere of Nitrogen Determination in Agriproduct

Величко О. — Velychko O.
Міжнародні ключові та додаткові звірення у рамках КООМЕТ національних еталонів одиниць електричної ємності ..... №3 (14) ..... International Key and Supplementary Comparison Coomet of National Standard of Electric Capability Units

ЕТАЛОННА БАЗА — **MEASUREMENT STANDARD BASE**

Вишняков П., Ісхакова О., Бондаренко Г., Тимошенко О., Моторна Л. — Vyshniakov P., Iskhakova O., Bondarenko G., Timoshenko A., Motorna L.
Удосконалення еталонної бази у сфері термометрії шляхом модернізації вторинного еталона одиниці температури ..... №1 (20) ..... Improvement of reference framework of thermometry by modernization secondary standard unit of temperature

Воронцов Є., Гиря П., Лобойченко М., Народницький Г. — Vorontsov Ye., Gyrya P., Loboichenko M., Narodnytskyi G.
Рекомендації щодо роботи з еталонними металевими мірниками ..... №3 (22) ..... Recommendations for Work with Standard Metal Measuring Tank

Величко О., Ісаєв В. — Velychko O., Isaev V.
Дослідження метрологічних характеристик Державного первинного еталона одиниці електричної змінної напруги ..... №5 (13) ..... Research of Metrological Characteristics of the State Primary Standard of the Unit of Electric Variable Voltage

ЄДНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ — **TRACEABILITY OF MEASUREMENT**

Ходаковський М., Будник М., Лебєдєва Т., Шпильовий П., Мержвинський П., Дегтярук В., Риженко Т., Тимошенко Я., Грищенко Л., Расчектаєва А., Тімофеєв Є. — Khodokovsky M.I., Budnik M.M., Lebedeva T.S., Shpilevoy P.B., Merzhvynsky P.A., Degtyaruk V.I., Ruzhenko T.M., Timoshenko J.M., Grishchenko L.V., Raschektayeva A.I., Timofeev E.P.
Забезпечення єдності вимірювань у біомедичних оптичних приладах ..... №1 (25) ..... Assurance of uniformity of measurements in biomedical optical measuring instrumentes

СТАНДАРТНІ ЗРАЗКИ — **STANDARD SAMPLES**

Володарский Е., Кошевая Л., Гуржий А. — E Volodarsky, L. Kosheva, A. Gurjiy
Оценивание метрологических характеристик стандартных образцов ..... №1 (57) ..... Estimation of metrological characteristics of reference materials

ВИМІРЮВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ — **MEASUREMENT AND TESTS**

Должанський А., Пінчук В., Колот Є. — Dolzhanskiy A., Pinchuk V., Kolot Ye.
Удосконалення методу та результати вимірювання електричних властивостей суспензій ..... №4 (21) ..... Method Improvement and Results of the Suspensions Electrical Properties Measuring

Мельник С., Петриченко Г., Тулузов И.
Метрологические аспекты измерений в задачах тепловой томографии ..... №5 (38) ..... Melnyk S., Petrichenko G., Tuluzov I. Metrology Aspects of Measuring are in the Tasks of Thermal Tomography

Коробко А.
Система для вимірювання параметрів руху рухомих об'єктів ..... №6 (10) ..... Korobko A. The System for Measurement of the Moving Objects Parameters

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ / MEASURING INSTRUMENTS AND SYSTEMS

Гоц Н., Дзіковська Ю.
Розроблення площинного сірого випромінювача для застосування під час вимірювань температури за інфрачервоним випроміненням ..... №2 (23) ..... Hots N., Dzikovska Yu. Development of Extended Area Gray Emitter for Usage in the Temperature Measurements by Infrared Radiation

Петришин І., Присяжнюк Л., Бас О.
Калориметр природного газу прямої дії ..... №4 (8) ..... Petryshyn I., Prysyazhnyuk L., Bas O. Direct Acting Natural Gas Calorimeter

ПОВІРКА ТА КАЛІБРУВАННЯ / VERIFICATION AND CALIBRATION

Косарєва О., Дзябенко О.
Коригування міжкалібрувальних інтервалів вимірювального обладнання ..... №3 (33) ..... Kosarev E., Dzyabenko A. The Correction of Intercalibration Intervals of Measuring Apparatus

Одноралов В.
Пристосування для калібрування вимірювачів крутного моменту сили (торсіометрів) та деякі думки щодо простежуваності вимірювань ..... №5 (32) ..... Odnoralov V. Calibration Kit for Torque Meters and Some Words about Traceability of Measurements

Самойленко О.
Калібрування комбінованих, встановлених на резервуарах систем для вимірювань маси рідин ..... №6 (3) ..... Samoylenko O. Calibration of the Hybrid, Mounting in the Tanks Systems for Measuring Mass of the Liquid

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ / METROLOGICAL ASSURANCE

Руженцев І., Луцький С., Фетьків В.
Системно-інформаційна база метрологічного забезпечення техніко-економічних показників виробництва ..... №1 (54) ..... Ruzhentsev I., Lutsky S., Fetkiv V. System-Information Base of Metrological Support of Technical and Economic Parameters of Production

Величко О., Вендичанський Р.
Оцінювання стану метрологічного забезпечення вимірювання високої напруги постійного струму ..... №2 (9) ..... Velychko O., Vendychanskiy R. The Evaluation of the Metrological Assurance of of High-Voltage Direct Current Measuring State

Величко О., Ісаєв В.
Оцінювання стану метрологічного забезпечення вимірювання напруги змінного струму ..... №4 (3) ..... Velychko O., Isaev V. The Evaluation of the State of the Metrological Assurance of Measuring of Alternating Voltage

Ходаковський М., Будник М., Риженко Т., Лебєдєва Т., Шпильовий П., Мудренко М., Тимошенко Я.
Розроблення метрологічного забезпечення рефрактометричних вимірювань на основі поверхневого плазмонного резонансу ..... №5 (25) ..... Khodakovskyy M., Budnyk M., Ryzhenko T., Lebyedyeva T., Shpylovyy P., Mudrenko M., Tymoshenko Ya. Metrological Maintenance Developed for Refractometric Measurements Based on the Surface Plasmon Resonance

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ / METHODS AND PROCEDURES

Петришин І., Присяжнюк Т., Бас О.
Метод та спосіб визначення теплоти згоряння природного газу у споживачів комунально-побутового сектору ..... №1 (47) ..... Petryshyn I., Prysyazhnyuk T., Bas O. The Method and the Method of Determining the Natural Gas Heat of Combustion to Domestic Household Sector Consumers

Іванов С., Воробйов Л., Декуша Л., Декуша О.
Методи компенсації впливу неідентичних умов теплообміну у вимірювальних комірках диференціального калориметра ..... №2 (19) ..... Ivanov S., Vorobiov L., Dekusha L., Dekusha O. The Influence Compensation Methods of Non-Identical Conditions of Heat Exchange in the Measuring Cells of Differential Calorimeter

Коробко А.
Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості машини ..... №4 (32) ..... Korobko A. Measuring Angle of Lateral Stability of the Machine: Improvement of Method

Подригало М., Ісакова О., Коробко А.
Новий спосіб оцінювання збігу результатів теоретичних та експериментальних досліджень ..... №5 (48) ..... Podrigalo M., Isakova O., Korobko A. A New Scientific Approach to Evaluating the Results of Research on Theoretical and Experimental

ТОЧНІСТЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ / ACCURACY AND RELIABILITY

Федин С., Зубрецкая И., Поликарпов А.
Обеспечение точности построения градуировочных характеристик NTC-термисторов на основе нейронных сетей с радиальными базисными функциями ..... №1 (37) ..... Fedin S., Zubretska I., Polikarpov O. Accuracy Assurence of Calibrated Characteristics Definition for NTC-Thermistors Based on Neural Networks with Radial Basis Functions

Балабан В., Купко О., Тимофеєв Є.
Придатність монохроматичної моделі для спектрів кольорових світлодіодів ..... №2 (14) ..... Balaban V., Kupko O., Tymofeev E. Suitabilityof Monochromatic Model for Spectrum of Colored LEDs

І. Коробко, В. Кротевіч
Дослідження плунжерного витратоміра з лінійним декодером у складі одоризаційної установки ..... №4 (17) ..... Korobko I., Krotevich V. Researches of Plunger Flowmeter with the Line Decoder As a Component of an Odorizer

МІЖЛАБОРАТОРНІ ПОРІВНЯННЯ / INTER-LABORATORY COMPARISON

Величко О., Ісаєв В.
Міжлабораторні порівняння результатів калібрування прецизійного термоперетворювача електричної напруги ..... №6 (14) ..... Velychko O., Isayev V. Interlaboratory Comparisons of Calibration Results of the Precision Electric Voltage ThermoConverter

ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ ТА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ / TRACEABILITY AND UNCERTAINTY

Рожнов М., Мельник Д., Левбарг О.
Метрологічна простежуваність результатів вимірювання вмісту компонентів у газових сумішах ..... №6 (25) ..... Rozhnov M., Melnyk D., Levbarg O. Metrological Traceability of Measurements Results for Gas Mixtures Components Content

ПОХИБКИ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ / **ERRORS AND UNCERTAINTY**

Матіко Ф., Роман В. — Matiko F., Roman V.
Дослідження похибки ультразвукових витратомірів за умов спотвореної структури потоку із застосуванням одноядерних функцій salami ..... №3 (36) ..... Investigation of Ultrasonic Flowmeter Error in Conditions of Distortion of Flow Structure Using One Peak Functions Salami

Адамов Ю., Дяченко О., Завальнюк В. — Adamov Yu., Dyachenko O., Zavalniuk V.
Вплив похибок визначення стану атмосфери на швидкість приземлення об'єкта, який десантується... №4 (36) ..... The Influence of Errors of Atmosphere State Determination on the Object's Landing Velocity

Стенцель Й., Поркуян О., Черкас К., Літвінов К. — Stencel Y., Porkuyan O., Cherkas K., Litvinov K.
Дослідження похибок вимірювального контролю та управління матричним методом ..... №5 (52) ..... Investigation of Developments Measuring Control and Management by Matrix Method

ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ / **PARAMETERS AND CHARACTERISTICS**

Васильєва Ю., Ляшенко О. — Vasilyeva Y., Lyashenko O.
Оцінка об'єднаного показника дискомфорту у програмі DIALux ..... №2 (30) ..... Evaluation of the Unified Glare Rating in Program DIALux

Квєтний Р., Іванов Ю., Кривогубченко С., Стукач О. — Kvyetnyy R., Ivanov Yu., Krivogubchenko S., Stukach O.
Особливості оцінювання параметрів процесу передавання даних із використанням турбо-кодів ..... №3 (25) ..... Features of Estimation of the Transmission Data Process Using Turbo-Codes

Назаренко Л., Можаровська Т., Гур'єв М. — Nazarenko L., Mozharovska T., Guriev N.
Вплив відбивальних характеристик дорожнього полотна на освітлення за мезопічного діапазону ..... №6 (32) ..... Influence of Reflecting Characteristics of the Road Pavement on Lighting in the Mesopic Range

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ / **DEVELOPMENT AND APPLICATION**

Ащеулов А., Романюк І., Добровольський Ю., Дремлюженко С., Галочкін А. — Ascheulov A., Romanyuk I., Dobrovolsky Yu., Dremlyuzhenko S., Halochkin A.
Фотодіод Шотткі на основі Cr/In2Hg3Te6 ..... №2 (35) ..... Scottky photodiodes based Cr/In2Hg3Te6

БЕЗКОНТАКТНИЙ КОНТРОЛЬ / **CONTACTLESS CONTROL**

Сіренко М., Горкунов Б., Львов С., Жаббар Аббасі — N. Sirenko, B. Gorkunov, S. Lvov, Jabbar Abbasi
Побудова автоматизованих пристроїв безконтактного контролю діаметра каліброваних немагнітних прутків ..... №2 (53) ..... The Development of Automated Systems for Noncontact Control of Diameter of Calibrated Nonmagnetic Rods

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ / **NONDESTRUCTIVE CONTROL**

Григоренко С., Григоренко І. — Hrihorenko S., Hrihorenko I.
Дослідження впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на похибку виявлення дефектів металевих виробів за допомогою апарату fuzzy-logic ..... №3 (44) ..... Investigation of the Influence of External and Internal Factors on the Error of the Detection of Metal Products Defects with the Apparatus Fuzzy-Logic

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК / **PARAMETERS AND CHARACTERISTICS CONTROL**

Володарский Е., Кошевая Л., Добролюбова М. — Volodarskyy E., Kosheva L., Dobroliubova M.
Оценивание качества многопараметрического технологического процесса при корреляции его показателей ..... №5 (20) ..... Estimation of Quality of Multiparameter Technological Process at Correlation of its Parameters

ПОБУТОВІ ПРИЛАДИ / **HOUSEHOLD DEVICES**

Козубовський В., Алякшев І. — Kozubovskyy V., Aljakshev I.
Побутові прилади контролю пожежної безпеки й окису вуглецю в навколишньому повітрі ..... №2 (62) ..... Household Devices of Fire and Carbon Monoxide Safety in Ambient Air

НОРМАТИВНА БАЗА / **NORMATIVE BASE**

Габрук Р. — Gabruk R.
Аналіз міжнародних та вітчизняних стандартів льодових категорій для здійсненні безпечної навігації в акваторії шельфу України ..... №5 (69) ..... Analysis of International and National Standards of Ice Categories for Safe Navigation in Shelf Waters of Ukraine

Большаков В., Косач Н. — Bolshakov V., Kosach N.
Сучасна методологія оцінювання відповідності ЗВТ витрати ..... №6 (19) ..... Modern Methodology for Assessing the Compliance of MME Costs

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ / **TERMS AND DEFINITIONS**

Метрологія. Терміни та означення: сучасне трактування ..... №6 (39) ..... Metrology. Terms and Definitions: Modern Interptetation

ГЕОДЕЗИЧНА МЕТРОЛОГІЯ / **GEODESIC METROLOGY**

Болюх В., Омельченко А., Винниченко А., Купко В. — Boluh V., Omelchenko A., Vinnichenko A., Kupko V.
Концепция баллистического лазерного гравиметра с индукционно-динамической катапультой и виброзащитой от автосейсмических колебаний ..... №2 (40) ..... A Conception of Ballistic Laser Gravimeter with the Inductive-Dynamic Catapult and Protection Against Auto-Seismic Vibration

Болюх В., Омельченко А., Неежмаков П., Винниченко А. — Bolyukh V., Omel'chenko A., Neegmakov P., Vinnichenko A.
Оценка точности установки якоря индукционно-динамической катапульты на показатели баллистического лазерного гравиметра с симметричным способом измерения ускорения свободного падения ..... №6 (45) ..... Estimating the Accuracy of the Installation of the Induction Dynamic Catapult Anchor on the Performance of a Ballistic Laser Gravimeter with a Symmetrical Method of Measuring the Acceleration Due to Gravity

НАНОМЕТРОЛОГІЯ / **NANOMETROLOGY**

Мачехин Ю., Хоролец Л. — Machekhin Yu., Khorolets L.
Направления развития оптических стандартов частоты ..... №4 (51) ..... Directions for the development of optical frequency standards

Ковальчук В., Долинская Л., Цуркан А. — Kovalchuk V., Dolinska L., Tsurkan A.
Руководство фоточувствительностью сенсорной гетероструктуры ..... №6 (51) ..... Guide by Photosensitivity of Sensitivity Heterostructure

НЕЛІНІЙНА МЕТРОЛОГІЯ / **NONLINEAR METROLOGY**

Ю. Мачехін, Ю. Курський, О. Присич — Yu. Machekhin, Yu. Kurskoy, H. Prisich
Людина як об'єкт дослідження метрології нелінійних динамічних систем ..... №1 (63) ..... A Human as a Research Object for Metrology of Nonlinear Dynamic Systems

Мачехін Ю., Курський Ю.
Представлення невизначеності вимірювання нелінійних динамічних змінних ..... №3 (49)
Machekhin Yu., Kurskoy Yu.
Expression of Uncertainty in Measurement of Nonlinear Dynamic Variables

ВІЙСЬКОВА МЕТРОЛОГІЯ / **MILITARY METROLOGY**

Крюков О., Мудрик В.
Алгоритмічні основи функціонування засобу вимірювання швидкості руху метального елемента в каналі ствола ..... №1 (67)
A. Kriukov, V. Mudrik
Algorithmic bases of processing of the measuring information about the velocity of the throwing element in the bore

Бойко В., Гаврилов А., Ноженко О., Рондін Ю.
Актуальні питання військово-метрологічного супроводження зразків (комплексів) озброєння і військової техніки на етапах розроблення конструкторської та експлуатаційної документації й виготовлення дослідного зразка та попередніх випробувань ..... №4 (58)
Bojko V., Gavrilov A., Nozhenko A., Rondin Ju.
Pressing Questions of Military-Metrological Support of Samples (Complexes) of Arms and the Military Technics at Development Cycles of the Design and Operational Documentation and Manufacturing of the Pre-Production Model and Preliminary Tests

МЕТРОЛОГІЯ В МЕДИЦИНІ / **METROLOGY IN MEDICINE**

Володарський Є., Булигіна О., Іванець О.
Концепція прогнозування психофізіологічного стану льотного складу ..... №2 (49)
Volodarskyi E., Bulygina O., Ivanets O.
The Concept of Forecasting of Psychophysiological State Pilots

ХІМІЧНА МЕТРОЛОГІЯ / **CHEMICAL METROLOGY**

Калинюк М.
Вміст кисню, азоту, водню, вуглецю, сірки в коксах та графітових матеріалах ..... №4 (62)
Kalyniuk M.
Oxygen, Nitrogen, Hydrogen, Carbon, Sulfur Contents in Cokes and Graphite Materials

ШКАЛИ ВИМІРЮВАННЯ / **MEASURING SCALES**

Промоскаль В., Заруба В., Близниченко О., Будко В.
Прикладні аспекти неметричних шкал вимірювання в енерготехнології вугільних енергоблоків ТЕС ..... №3 (52)
Promoskal V., Zaruba V., Bliznichenko O., Budko V.
Applied Aspects of Non-Metric Measurement Scales in Power Technology of Coal Power Units of Thermal Power Stations

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ / **MATHEMATICAL MODELING**

Олейник О., Тараненко Ю.
Математическая модель вибрационного уровнемера с резонатором в виде эллиптической трубки ..... №6 (56)
Oliynyk O., Taranenko Yu.
Mathematical Model of a Vibrating Level Gauge with a Resonator in the Form of an Elliptical Tube

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ / **INFORMATION SYSTEMS**

Волков С., Кисельова О.
Філософський аспект інформаційного стану штучних систем ..... №6 (62)
Volkov S., Kiseleva O.
Philosophical Aspect of the Information Condition of Artificial Systems

ЯКІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ / **QUALITY AND EFFICIENCY**

Гоц Н., Ярмолюк О.
Кваліметричний метод оцінювання якості банківських послуг ..... №5 (62)
Gots N., Yarmalyuk O.
Qualimetric method for assessing the quality of banking services

ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ / **APPLICATION AND EXPLOITATION**

Іващенко А., Моторний Г., Міненко О.
Сучасний стан із застосування вимірювачів швидкості транспортних засобів дистанційних в Україні ..... №4 (47)
Ivashchenko A., Motornyi G., Minenko O.
The Current Situation with the Application of Speed Cameras in Ukraine

УБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ / **INSURANCE AND EFFICIENCY**

Габрук Р.
Вплив течії на безпеку судна забезпечення за здійснення динамічного позиціонування ..... №2 (58)
Gabruk R.
Current in Fluence on Supply Vessel Safety During Dynamic Positioning

Габрук Р.
Гарантування безпеки експлуатації рухомих об'єктів водного транспорту шляхом забезпечення надійності функціонування сертифікованих систем ..... №3 (64)
Gabruk R.
Guaranteeing Safety of Operation of Mobile Water Transport Objects by Ensuring the Certified Systems Reliability

ОХОРОНА ПРАЦІ / **OCCUPATIONAL HEALTH**

Мамонтов О., Колтун Ю., Мамонтов О.
Метод оптимального розміщення джерел шуму та ЕМП у виробничому приміщенні ..... №3 (67)
Mamontov A., Koltun Y., Mamontov O.
Method of Optimum Placement of Noise Sourses and Elektromagnetic Field in Working Area

ТЕХНІЧНІ КОМІТЕТИ / **TECHNICAL COMMITTEES**

Самойленко О., Ціпоренко С., Салганик Б.
Щодо діяльності технічного комітету стандартизації ТК 156 ..... №4 (70)
Samoylenko O., Tsiporenko S., Salganyk B.
About Activities of Standardization Technical Committee TC 156

СЕМІНАРИ, КОНФЕРЕНЦІЇ, З'ЇЗДИ / **SEMINARS, CONFERENCES, CONGRESSES**

Большаков В.
III Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених у царині метрології «Technical using of Measurement-2017» ..... №1 (72)
Bolshakov V.
III All-Ukrainian Scientific-Technical Conference of Young Scientists in the Field of Metrology «Technical using of Measurement-2017»

ВІТАЄМО ЮВІЛЯРІВ / **WELCOME**

До 80-річчя Георгія Ілліча Леонова ..... №2 (72)
To 80th anniversary of G.I. Leonov

ІНФОРМАЦІЯ / **INFORMATION**

Перелік статей, опублікованих у журналі «Метрологія та прилади» в 2017 році ..... №6 (66)
List of Articles Published in the Journal «Metrology and Instruments» in 2017

Вимоги до матеріалів, які надаються для опублікування у журналі «Метрологія та прилади» ..... №6 (70)
Requirements for materials provided for publication in the journal «Metrology and instruments»

ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ НАДАЮТЬСЯ ДЛЯ ОПУБЛІКУВАННЯ У ЖУРНАЛІ «МЕТРОЛОГІЯ ТА ПРИЛАДИ»

Наукова публікація у спеціалізованому журналі **«Метрологія та прилади»** має відповідати **вимогам п. 3 Постанови ВАК України № 7-05/1 від 15.01.2003 року** і враховувати **вимоги міжнародних наукометричних баз даних до наукових статей (журнал включено до наукометричної бази Index Copernicus** (лист від 08.03.2013)).

До публікації у журналі приймаються статті українською, російською або англійською мовами узагальнювального або проблемного характеру **(**до 30 000 знаків з пробілами**)**, методичного характеру (до 24 000), повідомлення про результати наукових та / або практичних досліджень (до 18 000), які раніше ніде не видавалися. Статті більшого обсягу, зокрема оглядові, можуть бути прийняті за рішенням редколегії.

Стаття має бути написана в Microsoft Word версії 2003 або раніше. Документи Word 2007, у форматі *docx* не приймаються. Змінні мають бути написані курсивом, а цифри, скорочені математичні терміни (наприклад, sin, arcsin, lg, lim, const, max) і константи — прямим шрифтом). Цифри, які позначають межі якоїсь величини, розділяються трикрапкою, наприклад, 20...80 мм. Підписи до рисунків та назви таблиць мають бути українською (російською) та англійською мовами.

Усі статті публікуються за наявності позитивної зовнішньої рецензії. Матеріали рецензуються членами редакційної колегії журналу і сторонніми незалежними експертами, виходячи з принципу об'єктивності і позицій вищих міжнародних академічних стандартів якості.

Зміст статті та якість перекладу (українською, російською або англійською мовами) переглядаються редакцією журналу, проте відповідальність за зміст статті та якість перекладу несуть автори. Текст статті, розширена анотація англійською мовою мають завірятися бюро перекладів. Редакція залишає за собою право на переклад статті українською мовою (авторів з України), стилістичну правку рукопису без згоди автора.

Наведені ничже додаткові вимоги, що стосуються анотації та списку використаних джерел, обумовлені обов'язковими вимогами світових реферативних баз даних.

Якщо статтю оформлено з порушенням зазначених вимог та правил, редакція журналу після попереднього розгляду повідомляє авторам стосовно необхідності її доопрацювання. Остаточний висновок щодо публікації схвалює редакційна колегія журналу.

Подані статті, окрім замовлених редакцією, після урахування та узгодження зауважень і побажань, викладених у зовнішній рецензії, друкуються в журналі за умови його передплати організацією, яка представляє статтю, та оплати мінімальної кількості авторських примірників. Автори, які передплатили журнал особисто, отримують авторський примірник безоплатно.

Структура статті

Індекс УДК (або відповідний індекс міжнародного кодування).

Автори (ПІБ) 3 мовами (українською, російською, англійською).

Назва (до 10 слів) 3 мовами (українською, англійською, російською).

Анотація 2 мовами (**українською, російською**). Має бути наведена коротка інформація стосовно основних ідей статті, підкреслено, що нового в ній та наведено основні результати та висновки. Має містити до 500 знаків (включаючи пробіли). **Розширена анотація англійською.** Має містити до 1500 знаків (включаючи пробіли). У ній має бути зазначено, чому присвячена стаття, що в ній нового, короткий опис змісту статті з посиланнями на номери рисунків, таблиць, пунктів і цитованої літератури, висновки авторів.

Ключові слова 3 мовами (українською, російською, англійською), до 10 слів.

Вступ пишеться у формі, доступній для розуміння широкому колу спеціалістів відповідної галузі науки. У ньому наводяться: обґрунтування актуальності проблеми, розв'язуваної автором, аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких розпочато вирішення проблеми і на які спирається автор; виокремлення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.

Мета статті і постановка досліджень. Формулювання цілей статті, постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями.

Основний текст статті. Викладаються і ґрунтовно роз'яснюються отримані твердження і результати. Їх можна розбивати на розділи з назвами, які відображають зміст. Необхідні для глибшого розуміння змісту статті матеріали виносяться у додаток; найбільш громіздкі й об'ємні частини слід позначати певними символами. Не слід перевантажувати статтю надмірною кількістю формул, дублюванням одних й тих самих результатів у формулах, таблицях та графіках. Бажано уникати довгих назв таблиць; уживані у статті маловідомі позначення і терміни необхідно пояснити.

Заключна частина. Має містити приклад (якщо це можливо), який ілюструє ефективність отриманих результатів, та висновки, що відображають нові відомості, отримані автором (авторами), рекомендації щодо їх практичного застосування і перспективи подальшого розвитку пропонованого напряму. Висновки та рекомендації мають повною мірою відповідати змісту основного тексту.

Список використаних джерел. У роботі мають бути посилання не менше ніж на 10 джерел, переважно на наукові статті, опубліковані в журналах, проіндексованих наукометричними базами даних (Web of Science). Посилання іноземною мовою мають бути написані в оригінальній версії, *кирилицею* — потім *латиницею* (http://www.translit.ru/; http://translit.kh.ua/#passport за постановою Кабінету Міністрів України від 27.01.2010 р. № 55).

Список літератури має бути поданий двома мовами (мовою статті та англійською). Для оформлення списку англійською мовою переважним є стиль APA (http://www.apastyle.org/). Зазначаються всі автори. Список мовою статті оформлюється за ДСТУ ГОСТ 7.1:2006.

Відомості про авторів 3 мовами (українською, російською, англійською). Всі відомості подаються у називному відмінку.

До редакції подаються:

1. Електронний варіант статті українською, або російською, або англійською мовами.
2. Два примірники статті у роздрукованому варіанті (підписані на зворотній стороні останнього аркуша усіма авторами).
3. Експертний висновок (два примірники) щодо можливості опублікування матеріалів.
4. Рецензія на статтю (доктора наук, професора).
5. Рекомендація від організації, де проводилися дослідження (витяг із засідання кафедри).
6. Довідка про авторів (прізвище, ім'я, по батькові (повністю), науковий ступінь, вчене звання, почесні звання, посада, повна назва установи, номери телефонів та e-mail для зв'язку); кольорові фото авторів, організацій, лабораторій, які вони представляють, та за темою статті для її художнього оздоблення.

Відокремлений структурний підрозділ
«Інститут підготовки фахівців у галузі технічного регулювання та споживчої політики»
Одеської державної академії технічного регулювання та якості (ІПК ОДАТРЯ)

ПЛАН НАБОРУ СЛУХАЧІВ на 2018 рік

Тема	Період навчання
Підготовка кандидатів в аудитори з сертифікації систем управління якістю згідно з вимогами ДСТУ *ISO* 9001	26.02—02.03; 14.05—18.05; 05.11—09.11
Підвищення кваліфікації аудиторів з сертифікації систем управління якістю	22.01—26.01; 12.03—16.03; 21.05—25.05; 09.07—13.07; 10.09—14.09
Підготовка кандидатів в аудитори (експертів) з оцінки відповідності (сертифікації) продукції, у тому числі за технічними регламентами — 1 етап (модуль)	05.02—09.02; 16.04—20.04; 18.06—22.06; 08.10—12.10; 03.12—07.12
Підготовка кандидатів в аудитори (експертів) з оцінки відповідності продукції за технічними регламентами — 2 етап (модуль)*	12.02—15.02; 23.04—26.04; 25.06—28.06; 16.10—19.10; 10.12—13.12
Підвищення кваліфікації аудиторів(експертів) з оцінки відповідності продукції за технічними регламентами та аудиторів(експертів) з сертифікації продукції	29.01—01.02; 02.04—05.04; 04.06—07.06; 01.10—04.10; 12.11—15.11
Підвищення кваліфікації аудиторів з сертифікації систем екологічного керування згідно з вимогами ДСТУ *ISO* 14001	02.07—06.07
Підвищення кваліфікації аудиторів з сертифікації систем управління згідно з вимогами ДСТУ *ISO* 22000	19.03—23.03; 11.06—15.06; 24.09—28.09; 26.11—30.11
Метрологічне забезпечення виробництва	16.04—20.04; 29.10—02.11
Метрологічне забезпечення вимірювальних та випробувальних лабораторій	16.04—20.04; 29.10—02.11
Повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки за обраним видом вимірювань: L — довжина; M — маса та пов'язані з нею величини; EM — електрика та магнетизм; T — термометрія; F — час і частота; PR — фотометрія; IR — іонізуюче випромінювання; AUV — акустика, ультразвук, вібрація; QM — хімія (кількість речовин)	15.01—25.01; 12.02—22.02; 12.03—22.03; 16.04—26.04; 14.05—24.05; 11.06—21.06; 02.07—12.07; 04.09—14.09; 01.10—11.10; 29.10—08.11; 03.12—13.12
Градуювання вертикальних і горизонтальних циліндричних резервуарів	11.06—21.06
Невизначеність вимірювання та її оцінювання під час випробування та калібрування	21.02—23.02; 17.10—19.10
Валідація методик випробування та калібрування згідно з вимогами ДСТУ *ISO/IEC* 17025-2006	01.03—02.03; 17.09—18.09
Підготовка до акредитації та аудит в лабораторіях згідно з вимогами ДСТУ *ISO/IEC* 17025-2006	27.03—30.03; 13.11—16.11
Внутрішній аудит в лабораторіях згідно з вимогами ДСТУ *ISO/IEC* 17025-2006	06.02—09.02; 13.11—16.11
Забезпечення якості результатів випробування та калібрування	19.12—21.12

За мірою комплектації груп

Підготовка кандидатів в аудитори зі сертифікації систем: • управління гігієною та безпекою праці згідно з вимогами ДСТУ *OHSAS* 18001 (*ISO* 45001) • екологічного керування згідно з вимогами ДСТУ *ISO* 14001 • управління безпечністю харчових продуктів згідно з вимогами ДСТУ *ISO* 22000 • управління якістю згідно з вимогами *ISO* 13485
Проведення внутрішнього аудиту згідно з вимогами ДСТУ *ISO* 9001, *ISO* 13485 ДСТУ *ISO* 14001, ДСТУ *ISO* 22000, ДСТУ *OHSAS* 18001, ДСТУ *EN ISO/IEC* 17021, ДСТУ *EN ISO/IEC* 17065
Розроблення систем енергетичного менеджменту згідно з *ISO* 50001:2011
Підготовка експертів з оцінки відповідності продукції за технічними регламентами (для виробників, постачальників)
Вимоги до органів, які проводять аудит згідно з вимогами ДСТУ *EN ISO/IEC* 17021, ДСТУ *EN ISO/IEC* 17020, ДСТУ *EN ISO/IEC* 17065
Проведення самооцінки, вдосконалення та інновацій систем управління згідно з *ISO* 9004:2009
Метрологічний нагляд: для працівників Держпродспоживслужби; для суб'єктів господарювання;
Безпечність харчової продукції
Державний контроль за діяльністю операторів ринку, які здійснюють виробництво та/або обіг харчових продуктів, інших об'єктів санітарних заходів та/або кормів: для працівників Держпродспоживслужби; для операторів ринку
Гігієнічні вимоги щодо харчової продукції
Система аналізу небезпечних чинників та критичних точок керування (НАССР)
Обстеження машин на відповідність ідентифікаційних номерів і супровідних документів, на предмет фальсифікації, відповідно до чинного законодавства та наявних сертифікатів

***у зазначені терміни проводитиметься навчання за конкретними технічними регламентами.**

Можливе проведення додаткового навчання за темами за наявності заявок, а також цільових груп на базі замовника.

ІПК ОДАТРЯ міститься за адресою: м. Київ, вул. Ломоносова, 18, к.803
Телефони для довідок: (044) 592-29-16, ф.(044) 257-52-12
e-mail: secretar_ipk@ukr.net
Детальна інформація та форма заявки міститься на сайті:**www.ipkmetr.org.ua**

МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА ФІЛІЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО — ДОСЛІДНИЙ І НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР ПРОБЛЕМ СТАНДАРТИЗАЦІЇ, СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ЯКОСТІ»

План набору слухачів на 2018 рік

Курс	Період навчання
Підвищення кваліфікації фахівців повірочних та калібрувальних лабораторій «Повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки..»	
геометричних величин, механічних величин	12.03—23.03; 04.06—15.06; 03.12—14.12 та за мірою (за мірою к. д. гр.)
маси, локомотивних швидкостемірів	12.03—16.03; 04.06—08.06; 03.12—07.12
спеціалізованих засобів вимірювань геометричних величин на залізничному транспорті; шаблонів колієвимірювальних, вагонного господарства	12.03—16.03; 04.06—08.06.; 03.12— 7.12
маси, об'єму, місткості та витрати	14.05—25.05, за мірою к. д. гр.
температури, тиску, витрати	05.02— 6.02; 02.07—13.07; 12.11—23.11 та за мірою к. д. гр
електричних, радіотехнічних, електромагнітних величин	05.02—16.02; 17.09—28.09 та за мірою к. д. гр.
електричних, радіотехнічних величин на залізничному транспорті, газоаналізаторів	05.02—10.02; 17.09—21.09
фізико-хімічних величин	05.02—16.02; 17.09—28.09
***Вартість навчання з ПДВ: за 1тиждень - 2 496,00 грн.; за 2 тижні - 3 792,00 грн.**	
Підвищення кваліфікації фахівців підприємств	
Забезпечення єдності вимірювань на підприємстві; Метрологічна експертиза технічної документації — 2 тижні (1 тиждень)	15.01—26.01(19.01); 16.04—27.04(20.04); 04.06—15.06(08.06); 01.10—12.10(05.10)
Забезпечення єдності вимірювань у закладах охорони здоров'я	16.04—20.04; 04.06—08.06
Повірка та калібрування, забезпечення єдності вимірювань ВК ВІС та АСК ТП. Метрологічний контроль ВК	05.02—16.02; 02.07—13.07; 12.11—23.11
Забезпечення компетентності калібрувальних, випробувальних лабораторій. Загальні вимоги до перевірки компетентності лабораторійі за ДСТУ ISO /IEC 17043:2014	11.06—15.06; 05.11—09.11
Забезпечення єдності вимірювань: при проведенні контролю технічного стану транспортних засобів; токсичності відпрацьованих газів автомобілів з бензиновими двигунами та димності відпрацьованих газів автомобілів з дизельними двигунами згідно з ДСТУ 4276:2004 та ДСТУ 4277:2004	15.01—19.01; 16.04—20.04; 04.06—08.06; 01.10—05.10
Розроблення, впровадження систем менеджменту якості за ДСТУ ISO 9001:2015. Перехід з версії 2008 року на версію 2015 року..Управління ризиками за ДСТУ ISO /IEC 31000:2014 Розроблення, впровадження, забезпечення функціонування та проведення внутрішнього аудиту систем управління якістю	22.01—26.01; 22.10—26.10
Технічне регулювання в Україні. Оцінювання відповідності продукції; **модульний підхід та правила декларування** Стандартизація, розроблення та впровадження нормативних документів	29.01 - 02.02; 10.09 - 14.09
Розроблення і валідація методик вимірювань та випробувань. Оцінка похибки та невизначеності вимірювань	26.03 —30.03; 11.06 - 15.06
Основи енергетичного аудиту. Тепловізійні вимірювання, тепловізійні методи контролю і діагностика. Проведення вимірювань та випробувань електротехнічними лабораторіями. Забезпечення єдності вимірювань та проведення випробувань в електротехнічних лабораторіях	05.02—09.02; 21.05—25.05; 26.11—30.11
Забезпечення компетентності повірочних лабораторій	11.06—15.06; 05.11—09.11
Вимоги до калібрувальних та випробувальних лабораторій відповідно до ДСТУ ISO/IEC17025:2006. Оцінювання невизначеності вимірювань. Забезпечення якості результатів випробувань та калібрувань. Загальні вимоги до перевірки компетентності лабораторійі за ДСТУ ISO/IEC 17043:2014. Внутрішній аудит в лабораторіях.	15.01—19.01; 14.05—18.05; 02.07—06.07; 05.11—09.11; 17.12—21.12
Підготовка підприємств до проведення метрологічного нагляду	29.10—02.11
***Вартість навчання з ПДВ: за 1тиждень - 2 496,00 грн. ; за 2 тижні - 3 792,00 грн.**	
Тематичні семінари:	
Сучасні вимоги до забезпечення єдності вимірювань . Вимоги Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (вартість з ПДВ — 1 266,00 грн.)	15.01—16.01; 16.04—17.04; 04.06—05.06; 01.10—02.10
Технічне регулювання в Україні. Оцінювання відповідності продукції (Вартість з ПДВ — 1 266,00 грн.)	29.01—30.01; 10.09—11.09
Підготовка кандидатів в аудитори: з оцінки відповідності продукції за технічними регламентами (ТР)	
1-й загальний модуль (вартість з ПДВ — 2 520,00 грн.)	29.01—02.02; 10.09—14.09
2-й модуль-вимоги відповідних ТР (Вартість з ПДВ — 2 016,00 грн.)	05.02—08.02; 17.09—20.09 та за мірою к. д. гр.,

***Вартість навчання подано на 01.12.17р. і може бути змінено**

Заявки на навчання направляти: на e-mail: hf_ukrndnc@i.ua, за факсом: тел./факс: (057) 752-00-89
за адресою: 61002, м.Харків, вул. Чернишевського, 38, кімн.2. Довідки за тел. : +38 050 403 84 90