

ЩОДО ПИТАННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ МЕТОДИК КАЛІБРУВАННЯ РОБОЧИХ ЕТАЛОНІВ

О.А. Новосолов

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, oonovoselov@ukr.net

Анотація

У статті розглянуто питання щодо розробки стандартизованих методик калібрування робочих еталонів, які використовують під час перевірки засобів виміральної техніки, що перебувають в експлуатації та застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології. Проведено аналіз чинних методик калібрування, які зазначені у «Сферах акредитації» акредитованих калібрувальних лабораторій.

Ключові слова: калібрування, методика калібрування, робочий еталон, невизначеність вимірювань, метрологічна простежуваність.

1. Вступ

З 03.07.2020 року згідно з розділом II «Прикінцеві положення» Закону України від 06.06.2019 № 2740-VIII «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо імплементації актів законодавства Європейського Союзу у сфері технічного регулювання» набрали чинності зміни до статті 27 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] щодо калібрування робочих еталонів.

Відповідно до другої частини статті 27 [1], Міністерство економіки України своїм наказом від 10.08.2020 за номером № 1518 «Про затвердження Порядку калібрування вторинних та робочих еталонів» [2] затвердило порядок калібрування вторинних та робочих еталонів, який установлює процедуру та умови калібрування вторинних та робочих еталонів, які використовують під час перевірки засобів виміральної техніки (далі – ЗВТ), що перебувають в експлуатації та застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології.

Серед основних положень [2], є вимоги до виконавців калібрування робочих еталонів, які стосуються власних можливостей щодо їх калібрування – діапазонів вимірювань з встановленими значеннями розширеної невизначеності та переліків методик калібрування, що повинні бути розміщені на своїх офіційних веб-сайтах.

Мета статті – привернути увагу вітчизняної метрологічної спільноти до питання стандартизації методик калібрування робочих еталонів, які використовують під час перевірки законодавчо регульованих ЗВТ.

2. Виклад основного матеріалу

Відповідно до [1] еталони можуть бути первинними, вторинними та робочими. Слід зазначити, що у Міжнародному словнику з метрології (ISO/IEC Guide 99:2007) (VIM3) [3] є ще термін «вихідний еталон», який означає еталон, призначений для калібрування інших еталонів для величин даного роду в даній організації або в даному місці.

Калібрування вторинних еталонів проводять із застосуванням первинного еталона для величини того самого роду. Еталони, які використовуються для регулярних калібрувань або перевірки ЗВТ, є робочими еталонами. Таким чином, маємо ієрархію калібрувань еталонів – первинний еталон → вторинний еталон → робочий еталон → робочі ЗВТ, які застосовуються безпосередньо для вимірювань.

Ієрархія калібрування – послідовність калібрування, починаючи від основи для порівняння і закінчуючи виміральною системою, причому в цій послідовності результат кожного калібрування залежить від результату попереднього калібрування.

Елементами ієрархії калібрування є один або більше еталонів та вимірвальні системи, що застосовуються відповідно до методик вимірювань. Основою для порівняння може бути визначення одиниці вимірювання через її практичну реалізацію, або опорне значення величини, або ЗВТ, яке застосовується для передавання розміру одиниць, та є еталоном для конкретних повірочних та калібрувальних лабораторій. Функція робочого еталона якраз й полягає у передачі одиниці вимірювань іншим ЗВТ, для встановлення його відповідності застосованій методиці вимірювання.

Згідно з [3]: «методика вимірювання – це детальний опис вимірювання у відповідності з одним або більше принципами вимірювань та даним методом вимірювань, який заснований на моделі вимірювань і включає обчислення, необхідні для отримання результату вимірювання». Слід зазначити, що термін «метод», використовуваний у ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» [4], вважається синонімом терміна «методика вимірювання». Методику вимірювань зазвичай описують досить докладно та подають у вигляді документа, що дозволяє оператору виконати вимірювання так, щоб одержати достовірний результат.

Методика вимірювань (калібрування) повинна включати три взаємопов'язані елементи – метод, технічні засоби та правила підготовки та виконання вимірювань, обробки та подання їх результатів. Методика калібрування може включати інформацію про цільову невизначеність вимірювань, що є важливим для оцінювання придатності ЗВТ згідно із застосованою методикою.

Якщо ознайомитися зі сферами акредитації калібрувальних лабораторій, акредитованих Національним агентством з акредитації України (далі – НААУ) на відповідність [4] на предмет нормативних документів на методи калібрування, то можна відмітити, що переважна більшість методик калібрування є розробками лабораторій. Показовим прикладом у цьому питанні є «Сфера акредитації» калібрувальної служби Державного підприємства «Всеукраїнський держав-

ний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»).

Більш 500 методик калібрування за усіма видами вимірювань (AUV – акустика, ультразвук, вібрація; EM – електрика та магнетизм; L – довжина; M – маса та пов'язані з нею величини; PR – фотометрія;

QM – хімія (кількість речовин); RI – іонізуюче випромінювання; T – термометрія; TF – час і частота), складають методики, розроблені калібрувальною службою. І лише, більш тридцять методик, це національні стандарти, гармонізовані з відповідними міжнародними та європейськими стандартами, та документи, прийняті міжнародними та регіональними організаціями з метрології (табл. 1).

Таблиця 1 – Виписка зі «Сфери акредитації» Калібрувальної служби ДП «Укрметртестстандарт» щодо стандартизованих методик калібрування вимірювального обладнання за видами вимірювань

№	Позначання нормативних документів на методи калібрування за видами вимірювань
AUV – акустика, ультразвук, вібрація	
1	ДСТУ ISO 16063-21:2006 Методи калібрування давачів вібрації і удару. Частина 21. Калібрування давачів вібрації методом порівняння з еталонним давачем (ISO 16063-21:2003, IDT)
2	ДСТУ ISO 16063-22:2006 Методи калібрування давачів вібрації і удару. Частина 22. Калібрування давачів удару методом порівняння з еталонним давачем (ISO 16063-22:2005, IDT)
M – маса та пов'язані з нею величини	
3	ДСТУ EN ISO 376:2014 Матеріали металеві. Калібрування силомірів, застосовуваних для верифікації одноосних випробувальних машин (EN ISO 376:2011, IDT)
4	ДСТУ EN ISO 7500-1:2017 Матеріали металеві. Калібрування та перевірка машин для статичних одновісних випробувань. Частина 1. Випробувальні машини на розтягування та стиснення. Калібрування та перевірка силовимірювальних систем (EN ISO 7500-1:2015, IDT; ISO 7500-1:2015, IDT)
5	ДСТУ EN ISO 6789:2014 Інструменти кріплення для гвинтів і гайок. Ручні динамометричні інструменти. Вимоги та методи випробувань для перевірки сумісності конструкції, відповідності якості вимогам і для повторної процедури калібрування (EN ISO 6789:2003, IDT)
6	ДСТУ EN ISO 148-2:2019 Металеві матеріали. Випробування впливу маятника Шарпі. Частина 2. Перевірення випробувальних машин (EN ISO 148-2:2016, IDT; ISO 148-2:2016, IDT)
7	ДСТУ EN ISO 6506-2:2019 Матеріали металеві. Випробування на твердість по Брінеллю. Частина 2. Перевірення та калібрування випробувальних машин (EN ISO 6506-2:2018, IDT; ISO 6506-2:2017, IDT)
8	ДСТУ ISO 6507-2:2008 Металеві матеріали. Визначення твердості за Віккерсом. Частина 2. Перевірка та калібрування приладів для вимірювання твердості (ISO 6507-2:2005, IDT)
9	ДСТУ EN ISO 6508-2:2017 Матеріали металеві. Вимірювання твердості за шкалою Роквелла. Частина 2. Перевірка та калібрування випробувальних машин і наконечників (EN ISO 6508-2:2015, IDT; ISO 6508-2:2015, IDT)
10	ДСТУ ISO 8655-6:2018 Пристрої мірні поршневі. Частина 6. Гравіметричний метод для визначення похибки вимірювання (ISO 8655-6:2002; Cor 1:2008, IDT)
11	ДСТУ 7472:2013 Метрологія. Резервуари сталеві циліндричні вертикальні з еліптичними днищами. Методика перевірки (калібрування) геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів
12	ДСТУ 7473:2016 Метрологія. Резервуари стаціонарні вимірювальні вертикальні. Методика перевірки (калібрування) геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів
13	ДСТУ 7474:2016 Метрологія. Резервуари для скрапленого газу сталеві сферичні. Методика перевірки (калібрування) геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів
14	ДСТУ 7475:2016 Метрологія. Резервуари сталеві циліндричні горизонтальні. Методика перевірки (калібрування) геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів
15	ДСТУ 7364:2016 Метрологія. Резервуари для скрапленого газу сталеві циліндричні горизонтальні. Методика перевірки (калібрування) геометричним методом
16	ДСТУ OIML R 111-1:2008 Гирі класів точності E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₁₋₂ , M ₂ , M ₂₋₃ і M ₃ . Частина 1. Загальні технічні вимоги та методи випробувань (OIML R 111-1:2004, IDT) (Додаток C)
17	ISO 4545-2:2017 Metallic materials — Knoop hardness test. Part 2: Verification and calibration of testing machines
18	ISO 18898:2016 specifies procedures for the calibration and verification of durometers of types A, D, AO and AM
19	ISO 21509:2006 concerns the verification of type A and D Shore hardness durometers used to conduct hardness tests as described in ISO 868
20	ISO 14577-1:2015 Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters
21	ISO 4787:2021 Laboratory glass and plastic ware — Volumetric instruments — Methods for testing of capacity and for use
22	ISO 7971-1:2009 Cereals — Determination of bulk density, called mass per hectoliter. Part 1: Reference method
23	EURAMET Calibration Guide № 18 Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments (Настанова з калібрування неавтоматичних зважувальних приладів)
24	EURAMET cg-4 Version 2.0 Uncertainty of Force Measurements
25	EURAMET Calibration Guide cg-19 Guidelines on the Determination of Uncertainty in Gravimetric Volume Calibration
26	EURAMET cg-21 Guidelines on the Calibration of Standard Capacity Measures using the Volumetric Method
L – довжина	
27	Calibration Guide EURAMET/cg-06/v.01 Extent of Calibration for Cylindrical Diameter Standards
28	Calibration Guide EURAMET cg-2 Version 2.0 Calibration of Gauge Block Comparators
29	ДСТУ ISO 3310-2016 Сита. Технічні вимоги та випробування
30	ISO 9513:2012 Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing

При цьому серед них є скасовані на міжнародному рівні стандарти, наприклад, ISO 18898:2016, який замінено на ISO 48-9:2018 Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of hardness. Part 9: Calibration and verification of hardness testers.

Таким чином, на цей час маємо невелику кількість стандартизованих методик калібрування, а за такими видами вимірювань, як EM, PR, QM, RI, T та TF, стандартизованих методик не має взагалі.

Серед деяких фахівців науково-метрологічних інститутів нашої країни існує думка, що стандартизація якомога більшої кількості методик калібрування «накладає певні обмеження, що протирічить самій філософії калібрування щодо гнучкості його застосування» [5].

За [1], метрологічна система України створює необхідні засади для забезпечення єдності вимірювань у державі та основним завданням цієї системи є захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань. Як раз, стандартизовані методики калібрування, принаймні на робочі еталони, що використовуються під час перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, є запорукою забезпечення єдності вимірювань, тому що це насамперед стосується сфери законодавчо регульованої метрології, де порушення стану вимірювань, за якого характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі з певною ймовірністю і не виходять за встановлені границі, може привести до тяжких наслідків в економіці, а значить, ні про яку «гнучкість калібрування» не може йти мова.

Слід зазначити, що за ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання» [6] калібрування входить до сукупності операцій, необхідних для гарантування того, що вимірювальне обладнання відповідає метрологічним вимогам щодо його використання за призначенням. Ця сукупність операцій є метрологічним підтвердженням вимірювального обладнання, яке не вважають виконаним доти, доки придатність вимірювального обладнання до використання за призначенням не буде доведено та задокументовано.

Вимоги до використання за призначенням охоплюють такі метрологічні характеристики, як діапазон вимірювань, максимально допустимі похибки, які можуть бути визначні через клас точності відповідної категорії ЗВТ, роздільна здатність тощо.

Умовами забезпечення єдності вимірювань є відомі характеристики похибок або невизначеності вимірювань, які прописуються у методиках вимірювань, у технічній документації на продукцію, в нормативно-правових актах та необхідна тотожність одиниць, в яких проградуйовані всі ЗВТ однієї і тієї ж величини.

У [1] також встановлено, що для вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології застосовуються ЗВТ, які відповідають регламентованим вимогам щодо точності, тобто до їх похибки [3], які в свою чергу, прописуються у технічній специфікації на ЗВТ, у методиках перевірки та калібрування ЗВТ. Найбільш важлива регламентована вимога щодо точності ЗВТ стосується максимальної допустимої похибки або класу точності ЗВТ.

Слід зазначити, що робочий еталон це ЗВТ, з притаманними для ЗВТ встановленими метрологіч-

ними вимогами, що підтверджує міжнародний документ з метрології OIML D 8 «Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання і документація» [7]:

«7.3 Документи до еталона повинні містити таку основну інформацію:

g) точність або клас точності, невизначеність вимірювання разом з інформацією про її оцінювання».

У [3] визначено, що клас точності є «класифікаційною характеристикою ЗВТ або вимірювальних систем, які відповідають встановленим метрологічним вимогам, дотримання яких необхідно для підтримки похибок вимірювань або інструментальних невизначеностей у встановлених межах за певних умов експлуатації».

Термін «еталон» у [1]: визначено так, як і у [3]: – «реалізація визначення даної величини із встановленим значенням величини та пов'язаною з ним невизначеністю вимірювання, що використовується як основа для порівняння», а далі у словнику метрологічних термінів, йде пояснення, що «реалізація визначення даної величини» може забезпечуватися вимірювальною системою, матеріальною мірою або стандартним зразком, тобто ЗВТ.

Результатом калібрування робочих еталонів не є невизначеність вимірювань, бо вона характеризує метрологічні можливості калібрувальної лабораторії та самою якістю проведення калібрування. При калібруванні оцінюється систематична похибка робочих еталонів і розширена невизначеність вимірювань її визначення. Саме ці обидва значення й вказуються у сертифікаті калібрування. Те, що дані сертифікату калібрування свідчать про докази метрологічної простежуваності, не дає гарантії достовірних результатів вимірювань робочим еталоном. Це слідує з примітки до терміну «метрологічна простежуваність» з [3] про те, що «метрологічна простежуваність результату вимірювання не гарантує, що невизначеність вимірювань відповідає заданій меті або що немає помилок». Особливо коли надається як відхилення систематична похибка, а випадкова не враховується. Тому для практичного застосування краще надавати максимальне відхилення показів від еталонного значення.

Тобто, виконання умови з метрологічної простежуваності не дає гарантії, що робочі еталони, які використовуються під час перевірки законодавчо регульованих ЗВТ, після калібрування будуть відповідати технічній специфікації. Таку гарантію дасть тільки визначення відповідності робочого еталону заданим метрологічним вимогам. Тому, підмінити поняття «єдність вимірювання» на поняття «метрологічна простежуваність» тільки на тій підставі, що його немає у [3], є помилковим твердженням. Метрологічна простежуваність необхідна для метрологічної порівнянності результатів вимірювань для величин даного роду.

Об'єднаний комітет з настанов у метрології (JCGM) в документі JCGM 106:2012 [8] вказує:

«При оцінці відповідності результат вимірювання використовується для того, щоб визначити, чи відповідає даний об'єкт заданим вимогам. Об'єктом може бути, наприклад, набір кінцевих мір довжини або цифровий вольтметр, що калібрується відповідно до ISO/IEC 17025 або повіряються відповідно до ISO 3650, або проба промислових стічних вод. Вимоги зазвичай

подаються у вигляді однієї або двох меж поля допуску, які визначають інтервал допустимих значень вимірюваного властивості об'єкта, званий полем допуску. Прикладами таких властивостей можуть бути: довжина кінцевої міри, похибка показів вольтметра та масова концентрація ртуті в пробі стічних вод».

Варто також зауважити, що правила прийняття рішення про відповідність робочого еталону вимогам його технічної специфікації, повинні бути об'єктивними та зрозумілими власникам цих еталонів. Якщо враховувати, що невизначеність вимірювань під час калібрування поперед всього це якість роботи калібрувальної лабораторії – її калібрувальні можливості, тоді стає зрозумілим, чому у [2] досить багато уваги приділено визначенню та документуванню власних можливостей виконавців щодо калібрування еталонів.

Можливі заперечення, що калібрування не є оцінкою відповідності та не передбачає функції метрологічного контролю, тобто визначення придатності чи непридатності вимірювального обладнання до застосування, спростовуються вимогою [4], яка чітко вимагає від акредитованого виконавця калібрування:

«7.8.6.2 Лабораторія має звітувати стосовно заяви про відповідність, щоб у ній чітко було зазначено:

а) яких результатів стосується ця заява про відповідність;

б) які специфікації, стандарти чи їхні частини виконують або не виконують».

Калібрування робочих еталонів є обов'язковим для лабораторій уповноважених на перевірку законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, для яких придатні робочі еталони одне з головніших умов отримання достовірних результатів вимірювань. Тому, заяву про відповідність робочих еталонів технічній специфікації від калібрувальної лабораторії, треба розглядати як основну умову виконання калібрування. Для цього треба знати цільову невизначеність під час калібрування, при якій еталон придатний для застосування, наприклад, як встановлена цільова невизначеність еталону, призначеного для перевірки законодавчо регульованого ЗВТ.

Експериментування зі складниками невизначеності вимірювань та різними моделями вимірювань, що розглядається як «гнучкість калібрування», можливо для первинних еталонів, щоб одержати найкращу оцінку невизначеності значення величини, що використовується як основа для порівняння. Необхідно відзначити, що за визначенням, первинний еталон устанолюється з використанням первинної референтної методики вимірювань. Однак, для визначення первинного еталона краще застосовувати те, що він є реалізацією визначення даної величини із встановленим значенням величини. Бо приклади в примітках до п. 5.4 [3] вже застаріли.

Якщо ознайомитися зі сферами акредитації калібрувальних лабораторій, акредитованих НААУ на калібрування таких робочих еталонів, як міри електричного опору однозначні, виписка з яких наведена у таблиці 2 (дані взяті зі сайту НААУ, написання метрологічних характеристик залишено відповідно до оригіналів), то можна відзначити наступне:

1 – усі калібрувальні лабораторії проводять калібрування мір електричного опору однозначних згідно зі своїми методиками калібрування.

2 – майже всі калібрувальні лабораторії у графі «Устаткування (об'єкт вимірювань)» разом із мірами електричного опору однозначними вказали й інші засоби вимірювання опору, наприклад, шунти, калібратори, магазини опору, омметри, мікроомметри, міліомметри, мегаомметри, тераомметри, мультиметри, мости, вимірювачі опору, вимірювачі електропровідності, вимірювальні канали. Таке подання інформації про калібрувальні та вимірювальні можливості (Calibration and Measurement Capability - CMC) лабораторій не дозволяє замовникам послуг розібратися в дійсних калібрувальних можливостях лабораторії з калібрування мір електричного опору однозначних.

3 – усі калібрувальні лабораторії застосовували один метод для вираження CMC - діапазон вимірювання. Але як показує практика та досвід європейських акредитованих калібрувальних лабораторій, у цьому випадку неможливо забезпечити належну лінійну інтерполяцію, щоб знайти невизначеність при середніх значеннях, тому треба вказувати CMC єдиним значенням, яке є дійсним для усього діапазону вимірювання або вираженою функцією вимірюваної величини.

Аналіз звіту перевірки професійного рівня калібрувальних лабораторій з калібрування міри електричного опору однозначної, під координацією акредитованого НААУ відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17043 [9] провайдера Державного підприємства «Харківстандартметрологія», свідчить, що обчислені розширені невизначеності калібрування міри електричного опору однозначної P321 номінального значення $R_n = 10$ Ом відрізняються між собою в 55 раз.

Причини виникнення такої розбіжності можуть бути наступні:

1 – використання різних методів вимірювання: пряме вимірювання за допомогою цифрового омметра, вимірювання за допомогою моста постійного струму, вимірювання за допомогою компаратора опорів, вимірювання за допомогою компаратора напруги або потенціометра постійного струму.

Хоча, метод вимірювання за допомогою компаратора опорів є найбільш точним і поширеним методом калібрування мір електричного опору однозначних.

2 – використання різного вимірювального обладнання: цифровий омметр, компаратор опорів, компаратор напруги, потенціометр постійного струму.

3 – оцінювання лабораторіями складових бюджету невизначеності вимірювань за різними модельними рівняннями, що призводить до суттєво різних значень розширених невизначеностей.

Точність результатів вимірювань може бути достовірно оцінена лише на основі попереднього аналізу можливих причин та джерел невизначеності вимірювань та апіорної оцінки цих невизначеностей.

Для забезпечення єдності вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології необхідно створити і регламентувати такі правила підготовки та проведення калібрування робочих еталонів, обробки та оформлення їх результатів, дотримання яких гарантують певну точність всіх калібрувань, що виконуються за даними правил.

Саме це, досягається стандартизацією методик калібрування.

Таблиця 2 – Виписка зі «Сфер акредитацій»
акредитованих калібрувальних лабораторій з калібрування мір електричного опору

№	Найменування КЛ	Устаткування (об'єкт вимірювань)	Діапазон або точка вимірювань, у яких проводиться калібрування	Розширена невизначеність вимірювань $U (k=2)$	Позначання нормативних документів на методи калібрування та метод (принцип) вимірювання
1	2	3	4	5	6
1	ДП «Укрметр-тестстандарт»	Шунти, калібратори, магазини та міри електричного опору	$(25 \times 10^{-6} - 20 \times 10^{15}) \text{ Ом}$	$(1 \times 10^{-9} - 8 \times 10^3) \text{ Ом}$	МКУ 397-25/08 Метод опосередкованих вимірювань МКУ 416-25/08 Метод порівняння з мірою МКУ 417-25/08 Метод порівняння з мірою МКУ 418-25/08 Метод порівняння з мірою МКУ 419-25/08 Прямі вимірювання Метод порівняння з еталоном МКУ 429-25/08 Прямі вимірювання МКУ 443-25/08 Метод порівняння з мірою МКУ 444-25/08 Метод порівняння з мірою
2	Криворізька філія ДП «Дніпро-стандарт-метрологія»	Магазин опору та міри опору однозначні	Режим відтворення (0,01 – 100) мОм (1 – 100) Ом (1 – 100) кОм (1 – 1000) МОм 10000 МОм 100 ГОм 1000 ГОм	Режим відтворення (0,0025 – 0,006) мОм (0,000025 – 0,001) Ом (0,00003 – 0,0015) Ом (0,000025 – 0,1) МОм 2,0 МОм 0,25 ГОм 10,0 ГОм	МК-08/02 Прямі вимірювання
3	ДП «Одеса-стандарт-метрологія»	Міри електричного опору однозначні, магазини навантаження та опору	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{12} \text{ Ом}$	$(1,7 \times 10^{-9} - 5,8 \times 10^7) \text{ Ом}$	МК0327 Метод порівняння з еталоном за допомогою компаратора
4	Житомирська філія ДП «Вінницястандарт-метрологія»	Міри електричного опору постійного струму однозначні та багатозначні	$0 - 1 \times 10^7 \text{ Ом}$	$1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^5 \text{ Ом}$	МК 08-12 Прямі вимірювання
5	Запорізька філія ДП «Дніпро-стандарт-метрологія»	Магазини та міри електричного опору	$(1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^9) \text{ Ом}$	$(3,6 \cdot 10^{-5} - 1,2 \cdot 10^7) \text{ Ом}$	МК 1-08-04:2020 Прямі виміри
6	Черкаська філія ДП «Полтава-стандарт-метрологія»	Міри електричного опору одна- та багатозначні	$1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^9 \text{ Ом}$	0,0001 – 7000 Ом	МК 06-08-03 Метод прямих вимірювань, Метод непрямих вимірювань
7	ДП «Харків-стандарт-метрологія»	Міри електричного опору постійному та змінному струму однозначні та багатозначні, міри-імітатори	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{13} \text{ Ом};$ постійна часу: $1 \times 10^{-8} - 2,5 \times 10^{-6} \text{ с};$ в діапазоні частот $0 - 1 \times 10^4 \text{ Гц}$	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^5 \text{ Ом}$	СОУ 74.3-04725906-0066:2012 Прямі вимірювання, звернення допомогою компаратора

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6
8	ДП «Дніпро-стандарт-метрологія»	Міри електричного опору однозначні	$(1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^3) \Omega$ (Ом)	$2 \times 10^{-9} \Omega - 9 \times 10^{-2} \Omega$	МК Д 11/18-2017 Метод зрівняння
		Міри електричного опору багатозначні	$(1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{12}) \Omega$ (Ом)	$2,4 \times 10^{-6} \Omega - 5 \text{ G}\Omega$	МК Д 11/21-2017 Прямі вимірювання
9	ДП «Івано-Франківськ-стандарт-метрологія»	Омметри, мегомметри, вимірювачі опору, міри опору одно- та багатозначні	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{12}$ Ом	0,01 – 6,67 Ом	МК 012 РД/08:2018 Метод прямих вимірювань
10	Калібрувальна лабораторія ПП «НВ Центр оцінки відповідності «ЮГ»	Вимірювачі (омметри, мікро-, мілі-, мега-, тераомметри, мультиметри, мости) та міри опору (шунти, однозначні міри опору, магазини опору)	1 ГОм – 10 ГОм	(0,1 – 10) %	МК-02 Прямі вимірювання. Опосередковані вимірювання Заміщення
			1 МОм – 1 ГОм	(0,01 – 10) %	
			10 мкОм – 1 ГОм	від 0,003 %	
11	Калібрувальна лабораторія ТОВ «ЛАБ-ТЕСТ»	Засоби для вимірювання та (або) відтворення опору (омметри, вимірювачі опору, вимірювачі електропровідності, електролітичні розчини, міри опору, вимірювальні канали)	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^9$ Ом $1 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{-3}$ См	$(0,19 \cdot 10^{-4} - 0,2 \cdot 10^6)$ Ом $(0,19 \cdot 10^{-4} - 0,2 \cdot 10^6)$ См	МК-08-06

3. Висновки

1. Для забезпечення єдності вимірювань у законодавчо регульованій сфері метрології необхідно застосування в Україні міжнародної практики зі стандартизації методик калібрування та методів оцінки невизначеності, інакше, коли кожна калібрувальна лабораторія проводить калібрування робочих еталонів та оцінює невизначеність вимірювань за

своїм розумінням, це веде до хаосу метрологічної діяльності.

2. Достовірність оцінки щодо відповідності робочого еталона зазначеним метрологічним характеристикам істотно залежить від коректності процедур оцінювання невизначеності вимірювання при калібруванні, що досягається їх стандартизацією.

Список літератури

1. Закон України від 05.06.2014 № 1314–VII «Про метрологію та метрологічну діяльність».
2. Наказ Мінекономіки України від 10.08.2020 № 1518 «Про затвердження Порядку калібрування вторинних та робочих еталонів».
3. ISO/IEC Guide 99:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM3).
4. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».
5. Samoilenko O. The calibration and uncertainty evaluation by elementary measurement models // *Measurements infrastructure*. 2021, vol. 1 MI_005180321 № 1, pp. 1-10.
6. ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання».
7. OIML D 8 «Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання і документація».
8. JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment.
9. ДСТУ EN ISO/IEC 17043 «Оцінка відповідності. Основні вимоги до проведення перевірки кваліфікації».

Надійшла (Received) 15.10.2024

Прийнята до друку (accepted for publication) 29.10.2024

Відомості про авторів / About the authors

Новосолов Олег – аспірант кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки, e-mail: oanovoselov@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7353-8408>

Novoselov Oleg – graduate student IMT Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, e-mail: oanovoselov@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7353-8408>

On the issue of standardization of procedures for calibration of working standards

Oleg Novoselov

Abstract

The article deals with the development of standardized methods of calibration of working standards, which are used during the verification of measuring equipment in operation and used in the field of legally regulated metrology. The analysis of current calibration methods, which are specified in the "Scope of accreditation" of accredited calibration laboratories, was carried out.

Key words: calibration, calibration technique, working standard, measurement uncertainty, metrological traceability.