

Національні особливості калібрування

В.С. Єременко¹, В.М. Мокійчук², О.А. Рамазанова-Стьопкіна³,
О.О. Редько²

¹НТУУ "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського", пр-т Перемоги, 37, 03056, Київ, Україна
pai_307@ukr.net

²Національний авіаційний університет, пр-т Космонавта Комарова, 1, 03058, Київ, Україна
o.redko.ua@gmail.com

³ТОВ "Міжнародна школа технічного законодавства та управління якістю",
вул. Антоновича, 66, оф. 212, 03150, Київ, Україна
olena.istl@gmail.com

Анотація

Розглядаються актуальні питання калібрування випробувального обладнання та вимірювальних приладів, що виникають під час лабораторної діяльності відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.

Наводяться джерела неточностей та різної інтерпретації поняття "калібрування" і звітності про її результати, обґрунтовано та запропоновано шляхи вирішення проблем, пов'язаних із практичним калібруванням.

Показано приклади необґрунтованого застосування вимог щодо калібрування допоміжного обладнання лабораторій (термостатів, холодильників тощо). Показано принципову відмінність обчислення невизначеності вимірювання під час калібрування і невизначеності результату вимірювання засобом вимірювальної техніки (ЗВТ), який підлягає калібруванню. Наведені міркування щодо оптимального вибору співвідношення точнісних характеристик еталонів та ЗВТ, які підлягають калібруванню.

Показано необхідність розроблення документів, які б роз'яснювали та усували наявні сьогодні розбіжності в інтерпретації поняття, процесу та оформлення результатів калібрування.

Ключові слова: акредитація, калібрування, ISO 17025, оцінювання відповідності, невизначеність вимірювання під час калібрування, еталон.

Отримано: 05.12.2017

Відредаговано: 18.12.2017

Схвалено до друку: 21.12.2017

Вступ

Стандарт ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 набув широкого застосування в Україні. Одним із проблемних питань, що набуло системного характеру, стало питання калібрування. На відміну від повірки, яка встановлює тільки придатність засобів вимірювальної техніки, метою калібрування є отримання їх метрологічних характеристик (МХ), на підставі яких випробувальна лабораторія може вирішувати різні завдання, серед яких і оцінювання придатності.

Автори на власному досвіді, під час підготовки до акредитації випробувальних та калібрувальних лабораторій, виявили широке розповсюдження хибного уявлення та інтерпретації як поняття "калібрування", так і об'єктів, до яких воно може бути застосоване. Таке уявлення є хибним з погляду як теоретичної метрології, так і міжнародних та національних нормативних документів. Наразі існує багато рекомендацій СОOMET та Європейської кооперативної організації з акредитації (EA), наприклад [1], які чітко визначають вимоги до проведення калібрування та складання протоколів і сертифікатів калібрування,

але дуже часто можна зустріти сертифікати, інформацію з яких споживачеві неможливо використати ані для поліпшення отримуваних результатів вимірювання, ані для моніторингу засобів вимірювання, ані для визначення міжкалібрувального інтервалу (МКІ). На жаль, такий стан підтримується як акредитованими калібрувальними лабораторіями, так і аудиторами та технічними експертами Національного агентства з акредитації України (НААУ). Для внесення ясності в питання калібрування необхідно чітко розділити функції виконавця та замовника калібрувальних послуг. На рис. 1 наведено схему, яка пояснює і розмежовує дії та результати виконавця, тобто калібрувальної лабораторії, та замовника — випробувальної або медичної лабораторії.

Вважаємо за необхідне висвітлити три основних проблемних питання, а саме:

- калібрування випробувального устаткування, яке не є засобами вимірювальної техніки;
- вимоги до метрологічних характеристик еталонних ЗВТ;
- оцінювання невизначеності вимірювання під час калібрування.

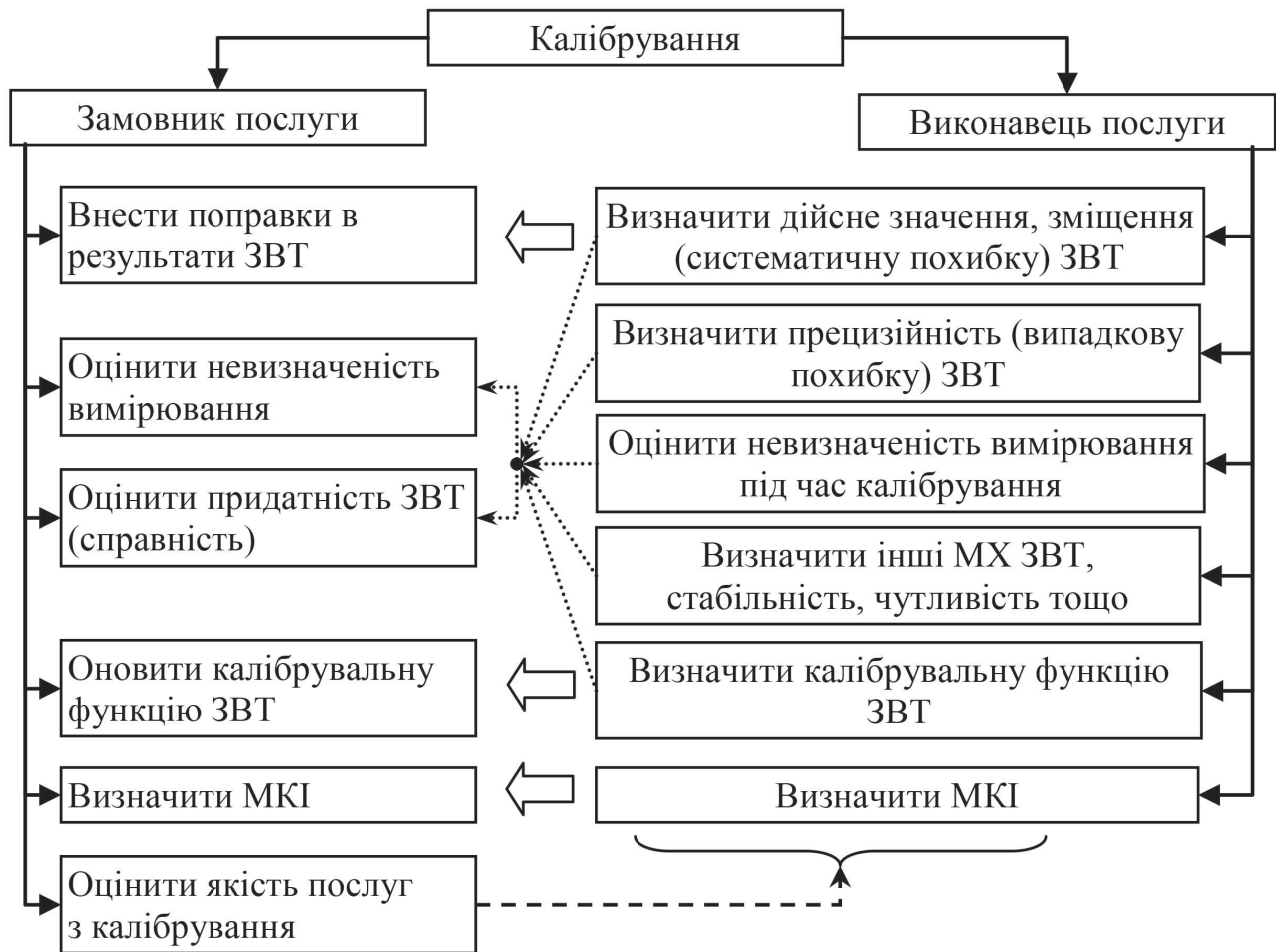


Рис. 1. Функції виконавця та замовника послуг калібрування

Калібрування випробувального устаткування

Стандарт ДСТУ ISO/IEC17025:2006, п. 5.6.1, передбачає, що “Усе устаткування, використовуване для проведення випробування та (або) калібрування, зокрема, устаткування для допоміжних вимірювань (наприклад, умов довкілля), що має істотний вплив на точність та вірогідність результатів випробування, калібрування або відбирання зразків, повинно бути відкаліброване до його введення в експлуатування” [2].

З 01.01.2019 р. (у відповідності до наказу ДП “УкрНДНЦ” від 07.11.2017 р. № 352) в Україні втрачає чинність міждержавний стандарт ГОСТ 24555–81, який визначає порядок та основні положення атестації випробувального обладнання. У Законі України “Про метрологію та метрологічну діяльність” не передбачено діяльності з атестації або верифікації випробувального устаткування [3]. Тому калібрувальні лабораторії пропонують користувачам цього устаткування проводити добровільне калібрування.

Згідно з Міжнародним метрологічним словником (VIM-3), п. 2.39: калібрування (calibration) — операція, під час якої за заданих умов на першому етапі встановлюють співвідношення між значеннями величини з невизначеністю вимірювання, які

забезпечують еталони, та відповідними показами з пов’язаною з ними невизначеністю вимірювання, а на другому етапі застосовують цю інформацію для встановлення співвідношення, яке дозволяє отримувати результат вимірювання за показами [4].

Який результат вимірювання можемо отримати із сушильної шафи, стерилізатора, аквадисцилятора, холодильника, муфельної печі тощо? Таке устаткування не можна віднести до засобів вимірювальної техніки згідно з визначенням чинної редакції Закону: “засоби вимірювальної техніки — засоби вимірювань, вимірювальні системи, матеріальні міри, стандартні зразки та будь-які частини засобів вимірювань або вимірювальних систем, якщо ці частини можуть бути об’єктом спеціальних вимог та окремого оцінювання відповідності” або згідно з Міжнародним метрологічним словником (VIM-3), п. 3.1: “Засіб вимірювання (measuring instrument) — пристрій, який застосовують для вимірювання окремо або разом із одним або декількома додатковими пристроями”.

Для зазначеного устаткування процедуру калібрування можна застосовувати тільки до вимірювального каналу в складі цього устаткування і, відповідно, сертифікат калібрування повинен бути оформлений на вимірювальний канал, а не

СВІДОЦТВО ПРО КАЛІБРУВАННЯ
Calibration Certificate

Реєстраційний №:
Reference number:

HA 1331231/1000

Дата калібрування:
Date of calibration:

11.05.2016

Об'єкт калібрування:
Object:

Холодильник лабораторний Liebherr

Виробник:
Manufacturer:

Liebherr

Тип:
Type:

LКexv 3600

Заводський/серійний номер:
Serial number:

33401101

4.1 Еталони

Standards

Назва / Name	Калібратор сигналів термоелектричних перетворювачів
Тип / Виробник Type / Manufacturer	Градiєнт 2002, ВНТК "Добрий шлях", Україна
Серійний номер / Serial number	001
Номер свідоцтва про калібрування / Calibration certificate number	14427807
Дата калібрування / Calibration date	11 листопада 2015 р.
Простежуваність до еталону НМІ Traceability to standard NMI	ДЕТУ

5 Результати калібрування

Calibration results

Задана температура, °C	Середнє значення показів приладу Градiєнт 2002, °C	Абсолютне середньоквадратичне відхилення (СКВ), °C
1,0	1,5	0,16
8,0	7,5	0,21
15,0	15,7	0,19

6 Невизначеність вимірювань

Uncertainty of measurement

Задана температура, °C	Абсолютне відхилення, °C	Розширена невизначеність, °C
1,0	0,5	1,3
8,0	-0,5	1,3
15,0	0,7	1,4

Розширена невизначеність отримана шляхом множення сумарної стандартної невизначеності на коефіцієнт охоплення $k = 2$, що визначає інтервал, з рівнем довіри, який приблизно дорівнює 95 % при допустимому нормальному розподілі. Оцінювання невизначеності проведено у відповідності з «Настановою GUM щодо виразу невизначеності вимірювань» (ISO GUM).

Рис. 2. Фрагменти свідоцтва про калібрування холодильника

на устаткування в цілому. Наприклад, холодильник (див. рис. 2, де наведено фрагменти свідоцтва про калібрування холодильника) з вимірювальним каналом калібрувати недоцільно, оскільки основним параметром, який впливатиме на режим зберігання у ньому, буде просторова нерівномірність темпе-

ратурного поля, яку необхідно контролювати термометрами, що розміщуються на полицях. А що можна калібрувати в аквадистилляторі — питання без відповіді. Лабораторія повинна контролювати якість води з аквадистиллятора, а не калібрувати останній.

**Перелік зауважень за результатами розгляду заявки
випробувальної лабораторії з комплектом документів,
що додаються до неї**

№ п/п	Назва документу	Зміст зауваження
1	2	3
		* * * *
7.	Паспорт, форма 3	Відсутні дані про міжкалібрувальний інтервал для Стерилізатора ГП – 20 – 01.
8.	Паспорт, форма	Дані про міжкалібрувальний інтервал для позицій <u>Аквадистилятор, Шафа витяжна ШУВ-1</u> потребують обґрунтування та/або уточнення.

Рис. 3. Вимоги щодо міжкалібрувальних інтервалів

Ситуація ускладнюється тим, що НААУ з успіхом акредитує калібрувальні лабораторії, у сфері акредитації яких “типами або видами устаткування” є шафи сушильні, холодильники, муфельні печі, а отже, є підстава вимагати таке калібрування від випробувальних лабораторій. Також поява в новій версії паспорта випробувальної лабораторії (Ф-08.01.19 (редакція 03) від 13.02.2017 р.) у формі 6 вимоги щодо “міжкалібрувального інтервалу” та надання зауважень під час аналізу документів (рис. 3) не сприяють порозумінню лабораторій та НААУ в цьому питанні.

Взагалі, для вищезгаданого устаткування доцільно застосовувати п. 5.5.2 [2] “До введення в експлуатацію устаткування (зокрема, устаткування, використовуване для відбирання зразків) повинно бути відкаліброване або перевірене на предмет установлення його відповідності технічним вимогам, що чинні в лабораторії, та відповідним стандартам. Його потрібно перевірити та (або) відкалібрувати до його використання”.

Таку діяльність мали б проводити випробувальні лабораторії та надавати відповідний протокол випробування або калібрувальні лабораторії з вимірювальними можливостями, як передбачено, наприклад, політикою ІЛАС Р14.

**Вимоги до метрологічних характеристик
еталонних ЗВТ**

Чи можливе проведення калібрування ЗВТ із використанням еталона (зразкового ЗВТ* [5, п. 8.10]), якщо їхні невизначеності рівні? Якщо як ЗВТ, що калібрується, маємо теж еталон, то така процедура можлива, але це буде не калібрування, а звірення еталонів. У всіх інших випадках таке калібрування практично можливе, але не матиме жодної метрологічної цінності та практичної доцільності. За такого співвідношення невизначеностей еталона та ЗВТ порушується принцип передавання одиниці фізичної величини з нехтовною похибкою (рис. 4). Перехід від стандартизованих, метрологічно обґрунтованих методик із перевірки

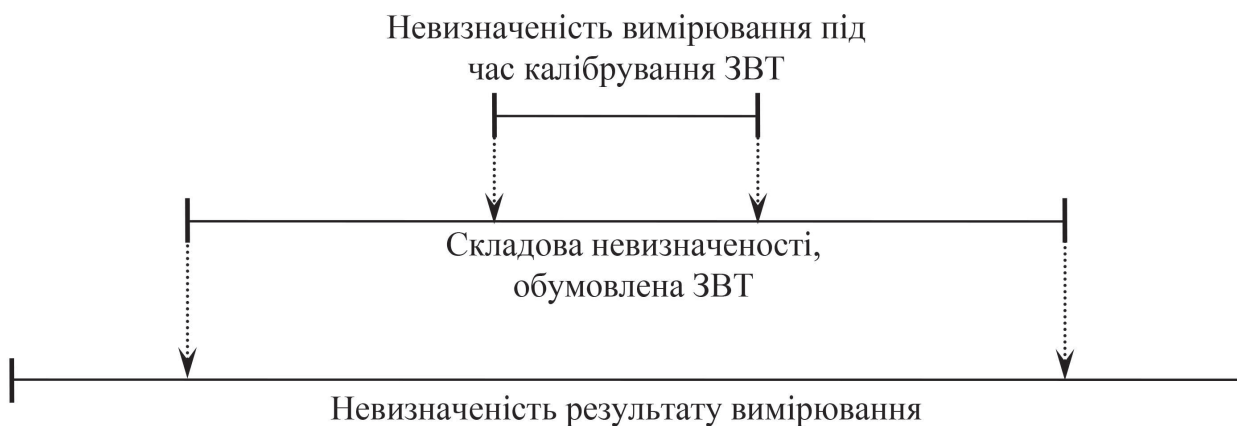


Рис. 4. Внесок складових у невизначеність результату вимірювання

* Від редакції. ДСТУ 2681-84, з якого взято цей термін, було випущено до появи нового “Закону про метрологію” та “Міжнародного словаря по метрології”, в яких відсутнє поняття “зразковий ЗВТ”. Замість нього застосовують “еталонний ЗВТ”.

до методик калібрування, які наразі розробляються у кожній калібрувальній лабораторії окремо, не відмінняє фізичних законів, покладених в основу теоретичної та прикладної метрології. Теоретично доведене та широко застосовуване під час передавання розміру фізичної величини співвідношення невизначеностей (похибок) 1/3 (в обґрунтованих випадках 1/2) залишається актуальним та не залежить від назви метрологічних робіт (повірка, калібрування), від політик, інструкцій, документів і тлумачень окремих організацій та їхніх співробітників.

Оцінювання невизначеності вимірювання під час калібрування

Основним документом з оцінювання невизначеності вимірювання під час калібрування є документ Європейської асоціації з акредитації EA- 4/02 M:2013 "Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration", в якому наведено роз'яснення щодо мети, завдань та величин, які вимірюються під час калібрування і для яких оцінюється невизначеність. У більшості випадків вимірюваною величиною (метрологічною характеристикою) під час калібрування є різниця між

номер свідоцтва / certificate number [redacted] Дата калібрування / Date when calibrated [redacted].2017 Сторінка / Page 2 of 3

Об'єкт калібрування / Object calibrated: мікроскоп стереоскопічний
 Stemі 2000-C № 00[redacted]
Найменування еталону, засобу вимірювальної техніки, ідентифікація / Description of measurement standard, measuring instrument, identification

Короткий опис засобу вимірювальної техніки, що підлягає калібруванню / Description of working standard/measuring: Мікроскоп призначений для лабораторних досліджень.

Метод калібрування / Method of calibration (Методика №): Метод звірення з еталоном
 МК[redacted] Мікроскопи відлікові. Методика калібрування

Умови проведення калібрування: / Conditions of calibration: температура навколишнього середовища (°C): 20,2
 атмосферний тиск (мм рт.ст.), кПа 748
 відносна вологість (%): 58

Калібрування проведено за допомогою наступних еталонів:
Calibration was made with working standards

Назва еталону I	Міра довжини штрихова (скляна)		
Тип еталону I	0,005 мм	№ еталону I	[redacted]
№ свідоцтва про калібрування I	UA/23/170515/00[redacted] видане [redacted].2017р. ДП "Укрметрестандарт"		
Невизначеність еталону I	0,0032 мм		

Калібрування проведено за допомогою наступного допоміжного обладнання:
Calibration was made with working equipment

Назва	Вимірювач атмосферного тиску цифровий		
Тип	БАР - 1		
Зав. №	[redacted]		
Свідоцтво про калібрування	UA - 39/160420/0[redacted] видане ДП "Укрметрестандарт" від [redacted].2016 р.		
Назва	Термогірометр		
Тип	БППС 4090/M11 в комплекті з датчиком ДВ-2 №0[redacted]		
Зав. №	[redacted]		
Свідоцтво про калібрування	UA - 0202 № [redacted] видане ДП "Укрметрестандарт" від [redacted].2016 р.		

Результати калібрування:
Calibration results:

Окуляр WPL 10x

Номинальне значення	Середнє значення показів приладу	Відхилення	Розширена невизначеність U	Одиниці виміру
0,005	0,00496	-0,00004	0,00017	мм

Результати калібрування:

Окуляр WPL 16x

Calibration results:

Номинальне значення	Середнє значення показів приладу	Відхилення	Розширена невизначеність U	Одиниці виміру
0,005	0,00515	0,00015	0,00018	мм

Рис. 5. Приклад свідоцтва про калібрування з незрозумілим співвідношенням невизначеності еталона та результату калібрування

показами ЗВТ та еталона (error of indication, систематична похибка, зміщення) або номінальне значення для мір, а не невизначеність ЗВТ, який калібрується. Невизначеність, яка оцінюється під час калібрування, стосується саме наведених вимірюваних величин (зміщення, номінального значення) та обумовлена невизначеністю еталона, методикою калібрування, умовами навколишнього середовища і залежить від компетентності оператора. Сам ЗВТ, який калібрується, вносить у цю невизначеність лише складову, обумовлену його роздільною здатністю. Документ ЕА не передбачає оцінювання невизначеності вимірювання цим ЗВТ, оскільки калібрувальна лабораторія здебільшого не може оцінити цю невизначеність, тому що не знає, хто, за яких умов, згідно з якими методиками і для яких об'єктів буде застосовуватися цей ЗВТ. Таке оцінювання не є метою калібрування.

Протокол калібрування, отриманий згідно з вищенаведеними рекомендаціями, буде мати безумовну цінність для користувача ЗВТ, оскільки дозволить:

1) оцінити придатність ЗВТ до виконання вимог методики вимірювань або відповідність його метрологічних характеристик паспорту чи наставні з експлуатації;

2) оцінити значущість отриманих відхилень метрологічних характеристик;

3) внести поправку в результати вимірювання цим ЗВТ з урахуванням невизначеності цієї поправки;

4) проводити моніторинг стабільності в часі метрологічних характеристик ЗВТ, отриманих під час калібрування, що дозволить прогнозувати між-калібрувальний інтервал;

5) оцінити правильність вибору еталона (зразкового ЗВТ) для калібрування.

Очевидно, що жоден із цих пунктів неможливо виконати, якщо у сертифікаті калібрування наведено невизначеності вимірювання цим ЗВТ, що, на жаль, є фактично усталеною практикою калібрувальних лабораторій України (див. рис. 5). Особливо "цікавим" у наведеному прикладі є результат калібрування, невизначеність якого є меншою за невизначеність використаного еталона і, водночас, більшою за виявлене зміщення.

Висновки

1. Наразі нагальною потребою є розробка на національному рівні документів, що роз'яснюють та уніфікують процедури калібрування та оформлення їх результатів.

2. Необхідно запровадити систему навчання та сертифікації персоналу з метрології, особливо для органів з оцінювання відповідності, які надають послуги з калібрування, і органів, які оцінюють компетентність виконавців таких послуг.

Национальные особенности калибровки

В.С. Єременко¹, В.М. Мокийчук², Е.А. Рамазанова-Степкина³, А.А. Редько²

¹НТУУ "Київський політехнічний інститут ім. І. Сикорського", пр-т Перемоги, 37, 03056, Київ, Україна
pau_307@ukr.net

²Національний авіаційний університет, пр-т Космонавта Комарова, 1, 03058, Київ, Україна
o.redko.ua@gmail.com

³ООО "Международная школа технического законодательства и управления качеством", ул. Антоновича, 66, оф. 212, 03150, Київ, Україна
olena.istl@gmail.com

Аннотация

Рассматриваются актуальные вопросы калибровки испытательного оборудования и измерительных приборов, которые возникают во время лабораторной деятельности в соответствии с требованиями ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.

Приводятся источники неточностей и различной интерпретации понятия "калибровка" и отчетности о ее результатах, обоснованы и предложены пути решения проблем, связанных с практической калибровкой.

Показаны примеры необоснованного применения требований калибровки вспомогательного оборудования лабораторий (термостатов, холодильников и т. д.). Показано принципиальное отличие вычисления неопределенности измерения при калибровке и неопределенности результата измерения средством измерительной техники (СИТ), подлежащим калибровке. Приведены соображения относительно оптимального выбора соотношения точностных характеристик эталонов и СИТ, подлежащих калибровке.

Показана необходимость разработки документов, которые бы разъясняли и устраняли имеющиеся сегодня разногласия в интерпретации понятия, процесса и оформления результатов калибровки.

Ключевые слова: аккредитация, калибровка, ISO 17025, оценка соответствия, неопределенность измерения во время калибровки, эталон.

National features of calibration

V. Yeremenko¹, V. Mokiychuk², O. Ramazanova-Stopkina³, O. Redko²

¹The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Peremohy Ave., 37, 03056, Kyiv, Ukraine nau_307@ukr.net

²The National Aviation University, Kosmonavta Komarova Ave., 1, 03058, Kyiv, Ukraine o.redko.ua@gmail.com

³International School of Technical Legislation and Quality Management, LLC, Antonovycha Street, 66, Off. 212, 03150, Kyiv, Ukraine olena.istl@gmail.com

Abstract

The article deals with the current issues of calibration of test equipment and measuring instruments. These issues arise in laboratory activity in accordance with the requirements of DSTU ISO/IEC 17025:2006.

Sources of inaccuracies and different interpretations of the term "calibration" and the formulation of its results are given, the ways of solving problems connected with practical calibration are substantiated and proposed.

Unsubstantiated application of requirements for calibration of laboratory supplementary equipment (thermostats, refrigerators, etc.) are shown as examples. The principal difference between calculating uncertainty of measurement in calibration and uncertainty of measurement result by measuring instrument to be calibrated is shown. The considerations on the optimal choice of ratio for the accuracy characteristics of the measurement standards and the measuring instruments to be calibrated are given.

It is shown that it is necessary to develop documents that would clarify and eliminate the existing differences in interpretation of the concept, process and reporting of the results of calibration.

Keywords: accreditation, calibration, ISO 17025, conformity assessment, uncertainty of measurement in calibration, measurement standard.

Список літератури

- EA-4/02 M: 2013. Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration. Sep. 2013 rev. 01. EA Laboratory Committee, 2013. 75 p. URL: <http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m-rev01—september-2013>.
- ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT). Київ, 2007. 26 с.
- Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України. *Відомості Верховної Ради*. 2014. № 30. Ст. 1008.
- JCGM 200:2008. Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины / пер. с англ. и фр. / Всерос. науч. — исслед. ин-т метрологии им. Д.И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. СПб.: НПО "Профессионал", 2010. 82 с.
- ДСТУ 2681–94. Метрологія. Терміни та визначення. Київ, 1994. 72 с.
- Uncertainty of Measurement in Calibration. EA Laboratory Committee, 2013. 75 p. Available at: <http://european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m-rev01—september-2013> (accessed 18 October 2013).
- National standard of Ukraine DSTU ISO/IEC 17025:2006. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:2005, IDT). Kyiv, Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2007. 26 p. (in Ukrainian).
- Law of Ukraine "On Metrology and Metrological Activity". *Statement from the Verkhovna Rada*, 2014, no. 30, p.1008 (in Ukrainian).
- Document by Joint Committee for Guides in Metrology 200:2008. *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*. JCGM/WG 2, 2008. 104 p. (Russ. ed.: Alexandrov V., Zhagora N., Chunovkina A. and etc. *Mezhdunarodnyiy slovar po metrologii — osnovnyie i obschie ponyatiya i sootvetstvuyuschie terminyi*. St. Petersburg, NPO "Professional", 2010. 82 p.).
- State standard of Ukraine 2681–94. Metrology. Terms and definitions. Kyiv, Derzhstandart Ukrayiny, 1994. 72 p. (in Ukrainian).

References

- Document by European co-operation for Accreditation EA-4/02. Evaluation of the