

УДК 351.821

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

Ю. Кузьменко, кандидат технічних наук, заступник генерального директора з метрології, оцінки відповідності засобів вимірювальної техніки та наукової діяльності,

С. Черепков, кандидат технічних наук, директор Інституту національної метрологічної служби України,

І. Потоцький, начальник науково-технічного відділу загальної та законодавчої метрології,

Л. Несвідоміна, провідний інженер з метрології,

Н. Мілковська, інженер з метрології 1 категорії,

ДП «Укрметрестстандарт», м. Київ

Із прийняттям Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] багато звернень працівників метрологічних служб підприємств та організацій стосуються калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), яке традиційно здійснювали метрологічні служби. Цю статтю присвячено розгляду змін, що стосуються калібрування відповідно до вимог Закону [1], значення калібрування ЗВТ та еталонів для отримання метрологічно простежуваних та зіставних результатів вимірювання, їх міжнародного визнання. Описано елементи метрологічної простежуваності. Стаття має прикладний характер і спрямована на широке коло метрологів національної метрологічної служби.

Since of the Law of Ukraine «On metrology and metrological activity» [1] was adapted, many requests from workers of the metrological services of enterprises and organizations concern the calibration of measuring instruments, which was traditionally carried out by metrological services. This article is devoted to the consideration of changes concerning calibration in accordance with the requirements of the Law [1], the importance of the calibration of measuring instruments and standards for obtaining traceable and comparable measurement results, their international recognition. The elements of metrological traceability are described. The article has an applied character and may be of interest to a wide range of metrologists of the national metrological service.

Ключові слова: метрологічна діяльність, засоби вимірювальної техніки, еталони, калібрування, метрологічна простежуваність.
Keywords: metrological activities, measuring instruments, standards, calibration, metrological traceability.

Прийняття Закону [1] стало реакцією на зростаючу в світі потребу у відкритій, прозорій та всеохоплювальній системі надання користувачам якісної вимірювальної інформації, що викликає довіру; порівнюваних національних метрологічних послугах і створенні технічної основи для більш широких угод у міжнародній торгівлі та комерційних відносинах. Таку систему називають національною інфраструктурою якості.

У національній інфраструктурі якості довіра до заяв стосовно відповідності, а також до самої акредитації повністю залежить від визнаних на міжнародному рівні якісних, простежуваних і зіставних (метрологічно порівнянних) результатів вимірювань і випробувань, відносно чого зазначено у звіті секретаря Міжнародного бюро з мір і вагів (BIPM) для 23 Генеральної конференції з мір і вагів (CGPM) [2], тобто головну роль у цьому виконує метрологія.

Метрологія поділяється на теоретичну (*scientific metrology*), законодавчо регульовану (*legal metrology*) та прикладну (*industrial metrology*), які взаємопов'язані між собою та забезпечуються відповідними міжнародними організаціями (рис. 1) та організаційними структурами національної метрологічної служби (рис. 2).

На рис. 1 узагальнено показано, як співставлені повірка ЗР ЗВТ (ця діяльність відноситься до законодавчо регульованої (ЗР) метрології) та калібрування ЗВТ і еталонів (ця діяльність відноситься до прикладної метрології).

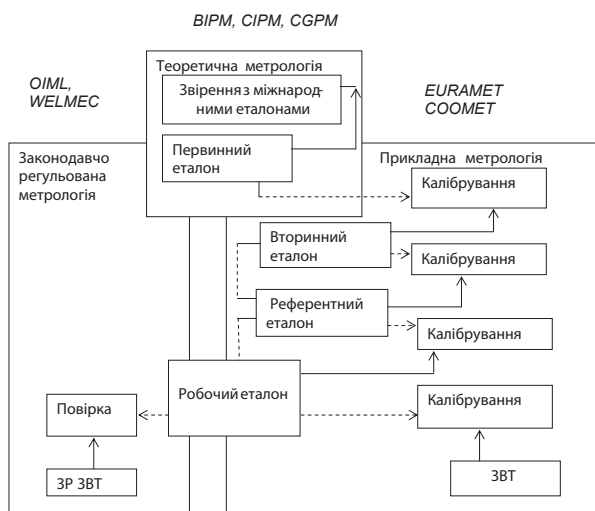


Рис. 1. Fig. 1.

BIPM — Міжнародне бюро з мір і вагів;
CIPM — Міжнародний комітет з мір і вагів;
CGPM — Генеральна конференція з мір і вагів;
OIML — Міжнародна організація законодавчої метрології;
WELMEC — європейське співробітництво із законодавчої метрології;
EURAMET — Європейська асоціація національних метрологічних інститутів;
COOMET — Євро-Азійське співробітництво державних метрологічних установ;
ЗВТ — засоби виміральної техніки;
ЗР ЗВТ — законодавчо регульовані ЗВТ;
 ↑ — напрям метрологічної простежуваності;
 <-- , --> — застосування еталонів під час повірки та калібрування.

На рис. 2 введено такі позначення:

Організаційні структури національної метрологічної служби

1 — в теоретичній метрології: наукові метрологічні центри

2 — в законодавчо регульованій метрології: уповноважені повірочні лабораторії; уповноважені метрологічні центри; наукові метрологічні центри

3 — в прикладній метрології: калібрувальні лабораторії, акредитовані НААУ; інші калібрувальні лабораторії; метрологічні центри (їх калібрувальні лабораторії), акредитовані НААУ; інші метрологічні центри (їх калібрувальні лабораторії); наукові метрологічні центри

- — уповноважені повірочні лабораторії;
- — калібрувальні лабораторії, акредитовані НААУ;
- — інші калібрувальні лабораторії
- — метрологічні центри
- — наукові метрологічні центри

↑ — напрям метрологічної простежуваності

↓ — напрям ієрархії калібрувань

— · · — · · — адміністративна підпорядкованість калібрувальних лабораторій метрологічних служб центральних органів виконавчої влади, підприємств та організацій.

Діяльність у ЗР метрології — віднесення ЗВТ до ЗР та державне регулювання, що до них застосовують (зокрема, оцінку відповідності, повірку в експлуатації, метрологічний нагляд) є предметом окремого розгляду.

Особливістю прикладної метрології є те, що вона оперує поняттями «калібрування ЗВТ», «невизначеність вимірювання» тощо і є сферою, в якій не поширюються установлені законом вимоги до одиниць вимірювань, методів вимірювань і ЗВТ (тобто є добровільною). Проте забезпечення взаємного визнання результатів вимірювань (результатів калібрувань) стає вимогою цивілізованого світу і вимагає нових правил і підходів щодо їх організації. Розгляду цих питань, порівняно нових для національної метрологічної служби, присвячено цю статтю.

1. КАЛІБРУВАННЯ ЗВТ

Одним із вагомих кроків діяльності національної метрологічної служби стало приведення термінів з метрології, визначених Законом [1], та діяльності, що ними регламентується, до міжнародних. Зокрема, це стосується калібрування.

У Міжнародному словнику основних і загальних термінів у метрології (*VIM 3*) [3] надано таке визначення калібрування:

«2.39 калібрування — сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу».

Визначення, надане у *VIM 3*, відповідає визначенню, наданому у статті 1 Закону [1], а також Міжнародному словнику термінів у законодавчо регульованій метрології (*VIML*) [4], переклад якого здійснено ДП «Укрметрестстандарт» за дозволом *OIML*.

Відповідно новими положеннями (порівняно із терміном, регламентованим попереднім законом [5], що втратив чинність) у визначенні, організації та проведенні калібрування є:

- відсутність функції регулювання (контролю) та відсутність визначення придатності чи непридатності ЗВТ до застосування, а тому принципово неможливе зараз застосування методичних документів з повірки під час калібрування ЗВТ;

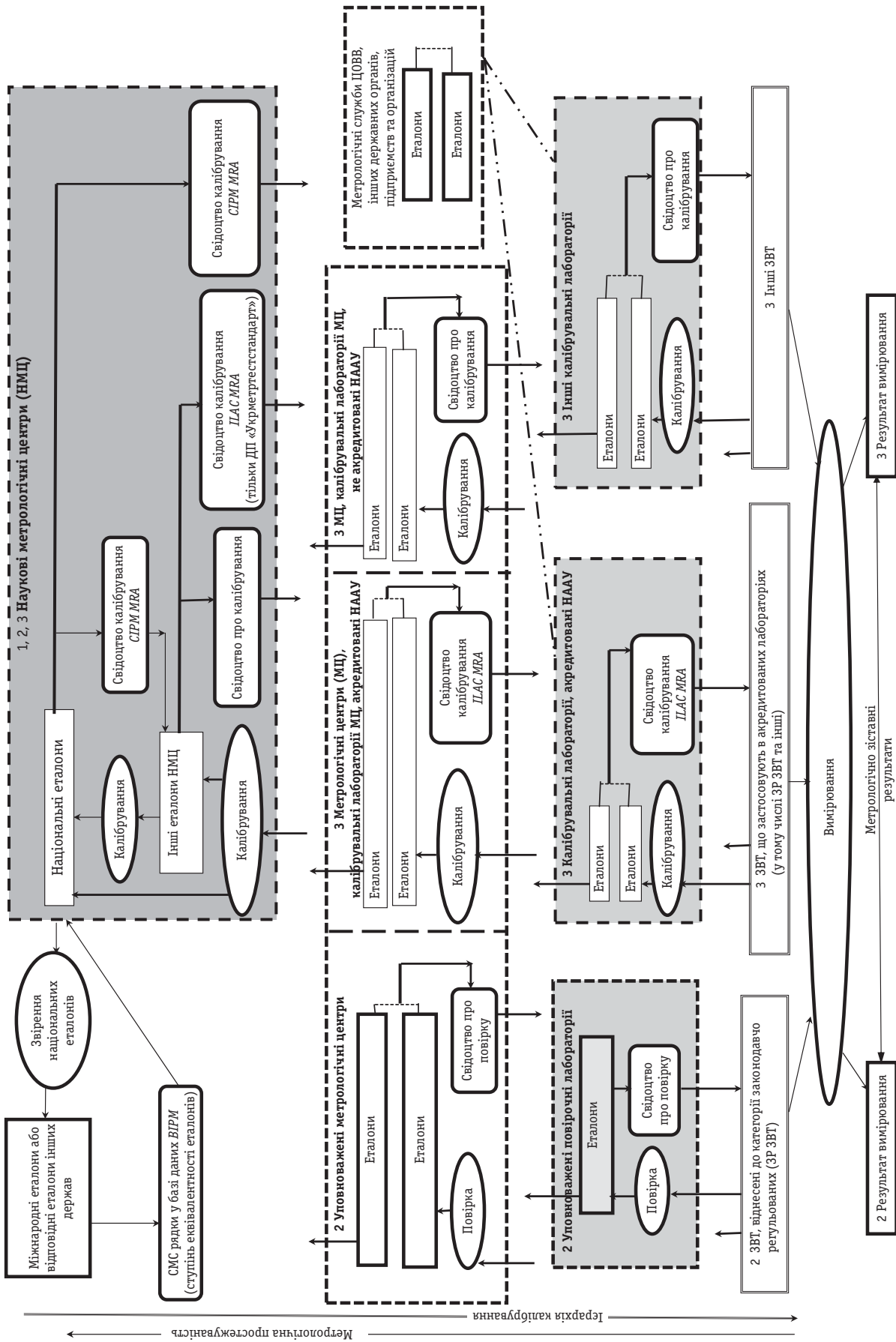


Рис. 2. Fig. 2.

Примітка. Для визначення придатності (чи непридатності) ЗВТ для призначеного застосування, якщо такий ЗВТ застосовують поза сферою ЗР метрології, доцільно застосовувати термін «метрологічне підтвердження», регламентований ISO/IEC 10012 [6], і застосовувати цей стандарт у цілому для управління вимірюваннями і ЗВТ поза сферою ЗР метрології;

- калібрування є процедурою добровільною;
- калібруванню в добровільному порядку можуть підлягати як ЗВТ, що застосовують у сфері, так і ЗВТ, що застосовують поза сферою ЗР метрології;
- метрологічні характеристики ЗВТ під час калібрування визначають без прив'язки до певних умов їх експлуатації, тобто можуть визначатися як для нормальних умов, так і для особливих, певних умов, що вносять додаткову невизначеність (порівняно з нормальними умовами) до результату вимірювання під час калібрування;
- обов'язкове представлення результату вимірювання під час калібрування з оцінкою невизначеності вимірювань. Зазначимо, що під час калібрування здійснюють вимірювання (отримують виміри), при цьому вимірювання не розглядають як окремий вид метрологічної діяльності;
- еталони підлягають виключно калібруванню незалежно від їх застосування у ЗР метрології (для проведення перевірки ЗР ЗВТ) чи поза ЗР метрології (для проведення калібрування ЗВТ);
- якщо ЗР ЗВТ застосовують в акредитованих випробувальних чи калібрувальних лабораторіях, то їх калібрують, а не перевіряють;
- періодичне калібрування еталонів обов'язкове лише у разі їх застосування для перевірки ЗР ЗВТ згідно із [7], [8], проте необхідність періодичного калібрування еталонів регламентована рядом міжнародних документів, зокрема, ILAC P10:2002 [9];
- зв'язок між двома еталонами може розглядатися як калібрування, якщо це зв'язок використовують для перевірки та, за необхідності, коригування значення та невизначеності, приписаних одному із еталонів, тощо.

Зважаючи на зазначені вище зміни, ДСТУ 3989 [10], що регламентував організацію і проведення калібрування до прийняття Закону [1], втратив чинність.

Калібрування може здійснюватися як за умови оцінки компетентності (акредитації), так і без неї. Обов'язковою вимогою, за відсутності акредитації (тобто без доведеної компетентності), для діяльності калібрувальних лабораторій та метрологічних центрів, є:

- документально підтверджена простежуваність еталонів;

- проведення калібрування ЗВТ та оформлення його результатів відповідно до національних стандартів, гармонізованих із відповідними міжнародними та європейськими стандартами, та документів, прийнятих міжнародними та регіональними організаціями з метрології.

За наявності акредитації метрологічного центру чи калібрувальної лабораторії ці питання регламентовано ДСТУ ISO/IEC 17025 [11], ILAC P10 [9] та перевіряються Національним органом України з акредитації (НААУ) на відповідність цим документам. У наукових метрологічних центрах ці питання регламентовано настановами з якості та компетентність (зокрема, на відповідність ISO/IEC 17025 [12]) обов'язково має бути доведена.

Відповідно до частини 3 статті 27 Закону [1] калібрування ЗВТ можуть здійснювати:

- * наукові метрологічні центри;
- * метрологічні центри, калібрувальні лабораторії, акредитовані НААУ;
- * метрологічні центри, калібрувальні лабораторії, які мають документально підтверджену простежуваність своїх еталонів до національних еталонів, еталонів інших держав або міжнародних еталонів відповідних одиниць вимірювання.

2. МЕТРОЛОГІЧНА ПРОСТЕЖУВАНІСТЬ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ

Визначення поняття «метрологічна простежуваність (простежуваність)» вперше подано в Законі [1] відповідно до 2.41 VIM 3[3]:

«метрологічна простежуваність (простежуваність) — властивість результату вимірювання, яка полягає в тому, що цей результат може бути пов'язаний з основою для порівняння (референцією) через задокументований неперервний ланцюг калібрувань, кожне з яких дає свій внесок у невизначеність вимірювання».

При цьому під основою для порівняння (референцією) може бути:

- ♦ одиниця вимірювання (визначення одиниці вимірювання через її практичну реалізацію);
- ♦ методика вимірювання (методика визначення метрологічних характеристик еталона, відтворення одиниці вимірювання);
- ♦ еталон (матеріальна міра).

Для більшості результатів вимірювання основою для порівняння є одиниця вимірювання (одиниця виміру), але інколи можуть бути потрібні додаткові метрологічні основи для порівняння. У таких випадках їх використовують у сукупності.

Описання основи для порівняння (референції) згідно з 2.41 VIM 3 [3] повинно включати час,

коли вона застосована у певній ієрархії калібрувань, та інформацію стосовно першого калібрування в цій ієрархії калібрувань (разом з іншою суттєвою інформацією, наприклад, основними метрологічними характеристиками еталона, умовами застосування і зберігання еталона, методикою визначення метрологічних характеристик тощо).

Еталоном, згідно з 5.1 *VIM* 3 [3], є «реалізація визначення певної величини із установленим значенням величини та відповідною невизначеністю вимірювання, що використовується як основа для порівняння».

Наприклад:

- ▶ еталон маси 1 кг з відповідною стандартною невизначеністю вимірювання 3 мкг;

- ▶ еталонний резистор 100 Ом з відповідною стандартною невизначеністю вимірювання 1 мкОм;

- ▶ цезієвий еталон частоти з відносною стандартною невизначеністю вимірювання 2×10^{-15} ;

- ▶ стандартний буферний розчин зі значенням рН 7,072 та відповідною стандартною невизначеністю вимірювання 0,006;

- ▶ набір стандартних розчинів кортизолу в сироватці крові людини, що має сертифіковане значення величини з відповідною стандартною невизначеністю вимірювання для кожного розчину;

- ▶ референтний матеріал, що забезпечує значення величини з невизначеностями вимірювання для концентрації маси кожного із десяти різних протеїнів [13] тощо.

Під словом «реалізація» у терміні «еталон» розуміють три процедури:

- ◀ фізичну реалізацію одиниці вимірювання з її визначення (тобто реалізацію у буквальному розумінні);

- ◀ побудову високостабільного еталона на основі фізичного явища (тобто відтворення певного розміру одиниці вимірювання);

- ◀ прийняття матеріальної міри як еталона (наприклад, еталон 1 кг).

Визначення термінам «міжнародний еталон», «національний еталон», «первинний еталон», «вторинний еталон», «референтний еталон», «робочий еталон», «транспортабельний еталон» надано у «Міжнародному словнику з метрології» [13], переклад якого здійснено ННЦ «Інститут метрології» за дозволом *JCGM*.

Основні елементи метрологічної простежуваності:

- ▲ неперервний ланцюг калібрування;
- ▲ невизначеність вимірювання;
- ▲ зіставність (метрологічна порівнянність) до одиниць *SI*;
- ▲ документація;
- ▲ компетентність;
- ▲ періодичне калібрування [9].

Як забезпечується метрологічна простежуваність через калібрування показано на рис. 3 [14].

НЕПЕРЕРВНИЙ ЛАНЦЮГ КАЛІБРУВАННЯ

Згаданий у визначенні «неперервний ланцюг калібрування» є ланцюгом простежуваності (2.42 *VIM* 3 [3]). Для демонстрації, як забезпечується у національній метрологічній службі неперервний ланцюг калібрування, зіставність (метрологічна порівнянність) результатів вимірювання до одиниць *SI* розроблено структурну схему (рис. 2). На рисунку показано напрямок метрологічної простежуваності, ієрархію калібрувань та організаційні структури національної метрологічної служби, які забезпечують метрологічну простежуваність.

Ієрархія калібрувань (2.40 *VIM* 3 [3]) — це послідовність калібрувань від вибраної основи для порівняння (референтії) до кінцевого результату вимірювання, при цьому результат кожного калібрування залежить від результату попереднього калібрування.

Ланцюг метрологічної простежуваності визначає вибрана ієрархія калібрувань.

Для вимірювань під час калібрувань із більш, ніж однією вхідною величиною в моделі вимірювання, кожне зі значень вхідної величини повинно бути метрологічно простежуваним, а ієрархія калібрувань може мати форму розгалуженої структури.

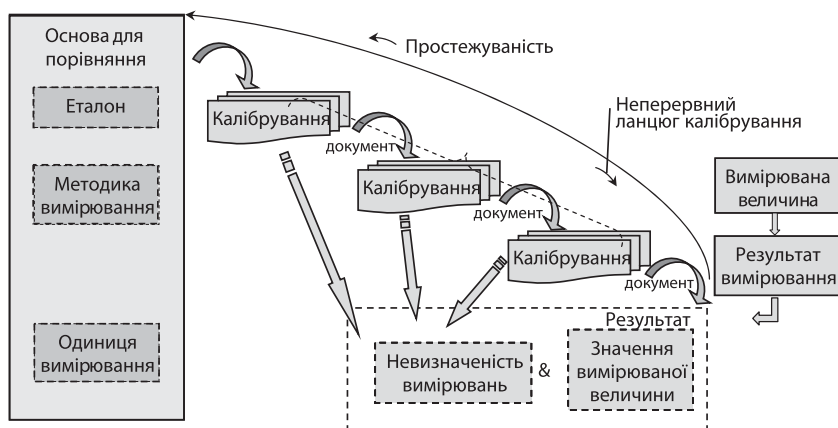


Рис. 3. Простежуваність та калібрування

Fig. 3. Traceability and calibration

Часткову понятійну діаграму для термінологічної підсистеми «метрологічна простежуваність» згідно з *VIM* 3 [3] зазначено у [15].

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ

Для забезпечення простежуваності результатів вимірювання та результатів калібрування необхідно виконання ще однієї вимоги — представлення результату вимірювання з оцінкою невизначеності.

«Невизначеність вимірювання» згідно з 2.26 *VIM* 3 [3] — це невід'ємний параметр, що характеризує розсіювання значень, які обґрунтовано можуть бути приписані вимірюваній величині. Питання невизначеності вимірювань для вирішення різноманітних метрологічних завдань розглянуто у [16] — [18]. Невизначеність вимірювання повинна відповідати принципам, установленим в *GUM* [19].

Метрологічна простежуваність поєднує концепції невизначеності й калібрування з ієрархією еталонів [19].

ЗІСТАВНІСТЬ (МЕТРОЛОГІЧНА ПОРІВНЯННІСТЬ) ДО ОДИНИЦЬ SI

Зіставність («метрологічна порівнянність результатів вимірювання» згідно з 2.46 [13]) означає «такі, що їх можна зіставити між собою» (а не «близькі за розміром»), і досягається простежуваністю до однієї й тієї ж основи для порівняння (референції).

Наприклад, результати вимірювання для відстаней між Землею і Місяцем та між Парижем і Лондоном є зіставними (метрологічно порівнянними), якщо вони простежуються до однієї одиниці вимірювання — до метра.

ДОКУМЕНТАЛЬНЕ ПІДТВЕРДЖЕННЯ

Метрологічна простежуваність результатів вимірювання під час калібрування повинна бути документально підтверджена. Це вимога Закону [1]. Для цього необхідно мати документовану методику калібрування та свідоцтво про калібрування, що відповідають установленим вимогам.



Рис. 4. Логотип (знак) CIPM MRA
Fig. 4. Logo (sign) CIPM MRA



Рис. 5. Логотип (знак) ILAC MRA
Fig. 5. Logo (sign) ILAC MRA

1) Для проведеного калібрування у національних метрологічних інститутах — підписантах «Угоди про взаємне визнання національних еталонів та сертифікатів калібрувань та вимірювань, що видаються національними метрологічними інститутами» (*CIPM MRA*) [20], достатнім документальним доказом забезпечення простежуваності є:

▼ свідоцтво про калібрування, видане відповідно до Угоди *CIPM MRA* [20], яке має логотип *CIPM MRA* (свідоцтво *CIPM MRA* на рис. 2). Логотип (знак) *CIPM MRA* представлено на рис. 4;

▼ база даних міжнародних ключових та додаткових звірень *BIPM (KCDB)*, підтвержені калібрувальні та вимірювальні можливості національних еталонів — *СМС-рядки (Calibration and Measurement Capabilities)* в додатку *C* бази даних *BIPM (KCDB)* [21], а також перелік національних метрологічних інститутів (НМІ), яким дозволено використовувати логотип *CIPM MRA* [22].

Порядок оформлення свідоцтв про калібрування, що видані НМІ у рамках *CIPM MRA*, регламентовано також рекомендаціями КОOMET [23].

Якщо науковий метрологічний центр використовує еталони, що не брали участі у звіреннях *BIPM (KCDB)*, то свідоцтва про калібрування, видані після застосування таких еталонів, не повинні містити логотипу *CIPM MRA*, але повинні містити інформацію стосовно метрологічної простежуваності застосованих еталонів.

2) Для проведеного калібрування у наукових метрологічних центрах, метрологічних центрах, калібрувальних лабораторіях, акредитованих Національним агентством України з акредитації (НААУ), яке є підписантом Угоди *ILAC MRA* [24], достатнім документальним доказом забезпечення простежуваності є свідоцтво про калібрування, на якому може бути наведено знак акредитації органу з акредитації, який є підписантом Угоди *ILAC*, або комбінований знак лабораторії, або знак органу з акредитації відповідно до Угоди щодо використання знаку *ILAC MRA* [25] (свідоцтво *ILAC MRA* на рис. 2). Логотип (знак) *ILAC MRA* представлено на рис. 5. Він може бути застосований виключно у сфері акредитації НААУ. Поза сферою акредитації видають свідоцтво про калібрування, що не містить знаку *ILAC MRA*, але повинно містити інформацію стосовно метрологічної простежуваності застосованих еталонів.

3) Для проведеного калібрування неакредитованими метрологічними центрами, калібрувальни-

ми лабораторіями, свідоцтво про калібрування повинно містити інформацію стосовно метрологічної простежуваності застосованих еталонів до національних еталонів, еталонів інших держав або міжнародних еталонів, тобто інформацію щодо ієрархії калібрувань та застосованої методики калібрування згідно зі статтею 27 Закону [1] (свідоцтво про калібрування на рис. 2).

КОМПЕТЕНТНІСТЬ. МІЖНАРОДНЕ ВИЗНАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ (КАЛІБРУВАННЯ)

Компетентність як елемент метрологічної простежуваності забезпечується:

1) науковими метрологічними центрами, які є підписантами Угоди *CIPM MRA* [20]:

○ участю національних еталонів, що зберігаються в наукових метрологічних центрах, у міжнародних ключових та додаткових звіреннях;

○ установленням ступеня еквівалентності національних еталонів, що зберігаються в наукових метрологічних центрах;

○ офіційним визнанням системи якості такою, що відповідає вимогам *ISO/IEC 17025* [12], керівництву *ISO 34* [26] (щодо виробництва й сертифікації стандартних зразків).

Підписанти Угоди *CIPM MRA* [20] можуть застосовувати на своїх свідоцтвах про калібрування знак *CIPM MRA* лише у разі використання тих еталонів, які брали участь у звіреннях *VIPM (KCDB)* та мають підтвержені калібрувальні й вимірювальні

можливості — *CMC*-рядки додатку *C* бази даних *VIPM (KCDB)* [21].

До цієї бази даних інформація не може бути занесена без офіційного визнання системи управління якістю національного метрологічного центру (інституту), де зберігаються еталони, які брали участь у звіреннях.

Наприклад, ДП «Укрметртестстандарт» має 67 *CMC*-рядків, що підтверджують калібрувальні й вимірювальні можливості еталонів, які містяться в ДП «Укрметртестстандарт».

У 2016 році, відповідно до плану зовнішніх перевірок систем управління якістю та технічної компетенції національних метрологічних інститутів — підписантів Угоди *CIPM MRA*, в ДП «Укрметртестстандарт» проходив черговий аудит (*peer review*) *КОOMET*.

За результатами аудиту, рішенням 21-го засідання Технічного Комітету Форуму якості *КОOMET* ДП «Укрметртестстандарт» отримав «Свідоцтво про визнання системи менеджменту якості згідно зі стандартом *ISO/IEC 17025* № *QSF — R42* (за видами вимірювань: акустика, ультразвук і вібрація, електрика і магнетизм, довжина, маса та пов'язані з нею величини, фотометрія і радіометрія, фізико-хімія)» (рис. 6) та «Свідоцтво про визнання системи менеджменту якості згідно з *ISO Guide 34* № *QSF — R43* (для категорій кількості речовини стандартних зразків: гази, *pH*, електролітична провідність)» (рис. 7).

ДП «Укрметртестстандарт» уповноважено на застосування знаку (логотипу) *CIPM MRA* (рис. 8).

Перелік підписантів Угоди *CIPM MRA* зазначено на офіційному сайті *VIPM* [27]. 102 національні



Рис. 6. Fig. 6.



Рис. 7. Fig. 7.

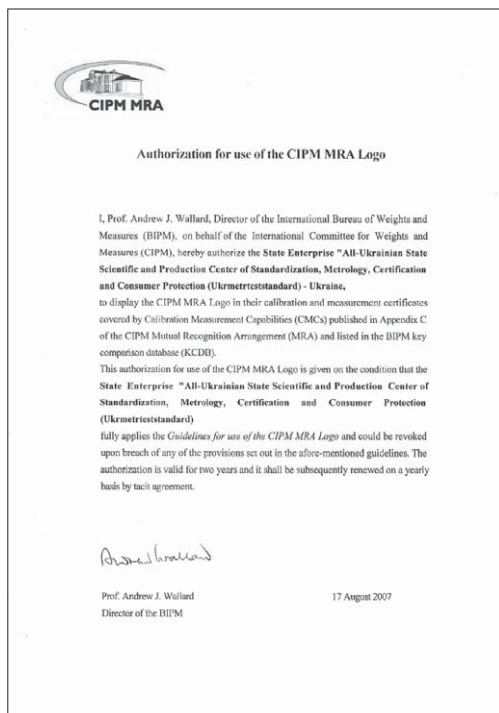


Рис. 8. Fig. 8.

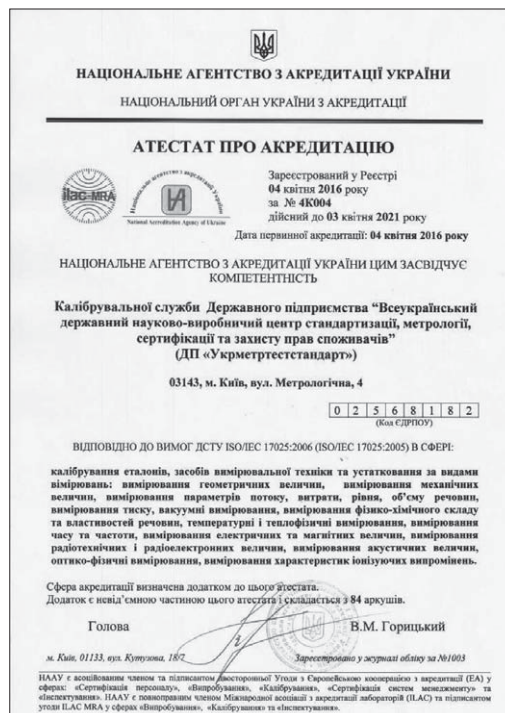


Рис. 9. Fig. 9.

метрологічні інститути із 57 країн світу визнають національні еталони та свідоцтва про калібрування (свідоцтва *CIPM MRA*), видані національними метрологічними інститутами (центрами) відповідно до вимог Угоди. В Україні підписантами угоди є: ДП «Укрметрестандарт», ННЦ «Інститут метрології», ДП «НДІ «Система», ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»;

2) акредитованими метрологічними центрами та калібрувальними лабораторіями.

За умови акредитації НААУ (або іншим визнаним органом) компетентність метрологічних центрів (чи калібрувальних лабораторій) доведена та відповідає ДСТУ *ISO/IEC 17025* [11]. Перелік акредитованих метрологічних центрів, калібрувальних лабораторій та сферу їх акредитації зазначено на офіційному сайті НААУ [28].

Визнання результатів калібрування та випробування й відповідних свідоцтв (сертифікатів), виданих калібрувальними та випробувальними лабораторіями, акредитованими НААУ, яка є повноправним членом Міжнародної кооперації з акредитації лабораторій (*ILAC*), забезпечується відповідно до Угоди про взаємне визнання (*ILAC MRA*) [24], підписантом якої є НААУ за напрямками акредитації випробувальних і калібрувальних лабораторій та органів з інспектування.

Акредитовані метрологічні центри й калібрувальні лабораторії мають право застосовувати знак *ILAC MRA* у виданих свідоцтвах про калібрування (відповідно до сфери акредитації).

Наприклад, калібрувальна служба ДП «Укрметрестандарт», акредитована НААУ, засвідчила свою компетентність відповідно до вимог ДСТУ *ISO/IEC 17025* [11] у сфері калібрування еталонів, засобів виміральної техніки й устаткування за усіма дванадцятьма видами вимірювання (атестат про акредитацію (рис. 9)) і має право застосовувати знак *ILAC MRA* на виданих сертифікатах калібрування.

Сфера акредитації калібрувальної служби ДП «Укрметрестандарт» може забезпечити діяльність практично усіх акредитованих калібрувальних і випробувальних лабораторій України (у частині застосування відкаліброваних ЗВТ, еталонів та устаткування).

Результати калібрування і випробування можуть мати міжнародне визнання лише у тому випадку, коли калібрувальна чи випробувальна лабораторія пройшла акредитацію в НААУ (чи іншому визнаному органі з акредитації) й застосовує ЗВТ, що мають свідоцтва калібрування *ILAC MRA* або *CIPM MRA*.

Єдиною організацією у національній метрологічній службі, яка компетентна видавати як свідоцтва калібрування *CIPM MRA*, так і свідоцтва калібрування *ILAC MRA*, є ДП «Укрметрестандарт».

Результати калібрування, отримані в неакредитованих метрологічних центрах та калібрувальних лабораторіях, не мають підстав для визнання і можуть бути використані лише тими підприємствами, які не проводимуть акредитацію своїх випробувальних та калібрувальних лабораторій, для внутрішнього

застосування на підприємстві. На думку авторів, результати калібрування еталонів, отримані в неакредитованих калібрувальних лабораторіях та метрологічних центрах, не мають підтвердженої компетентності, тому такі еталони не повинні застосовуватися у ЗР метрології.

«Хоча сама акредитація калібрувальних лабораторій є оцінкою відповідності, калібрування засобів вимірювальної техніки та вимірювальних систем, безумовно, не є оцінкою відповідності (див. Резолюцію 11 22 CGPM) [29]. Тим не менше, незалежна оцінка третьою стороною, на основі стандарту ISO/IEC 17025 [12], є важливим кроком у створенні прозорості, що заслуговує довіри, і надійної мережі лабораторій, через які усі, хто зацікавлені в отриманні надійних результатів вимірювань, можуть отримати доступ до простежуваних результатів вимірювання» [2].

Отже, метрологічна простежуваність є одним із елементів, що встановлює міжнародну довіру до всесвітньої еквівалентності вимірювань [19].

Міжнародне і глобальне визнання зіставних (метрологічно порівнянних) результатів вимірювання може бути отримано лише шляхом простежуваності цих результатів до стабільних у часі первинних еталонів і реперів, до Міжнародної системи одиниць SI [2].

Стосовно важливості метрологічної простежуваності заявили *BIPM*, *OIML*, Міжнародне співробітництво з акредитації лабораторій (*ILAC*) та Міжнародна організація зі стандартизації (*ISO*) у спільній заяві [19].

ПЕРІОДИЧНЕ КАЛІБРУВАННЯ

Оскільки калібрування є процедурою добровільною, регламентація простежуваності через калібрування еталонів, вибрану ієрархію калібрувань набуває особливого значення. На думку авторів, вимоги щодо простежуваності еталонів (за умови декількох ступенів передавання розміру одиниці вимірювання в лабораторії), вимоги до еталонів, періодичного калібрування еталонів (як елемента простежуваності) доцільно регламентувати нормативно-правовим актом.

Вимоги до еталонів, допоміжного устаткування регламентовано ДСТУ *OIML D 8* [30], ДСТУ *OIML*

D 23[8], ДСТУ *ISO/IEC 17025*[11], визначення між-калібрувальних інтервалів — ДСТУ *ILAC-G 24/OIML D10*[31].

Щодо необхідності періодичного калібрування еталонів, а також стосовно політики простежуваності результатів вимірювання зазначено у міжнародному документі *ILAC P10:2002* [9], яким доцільно керуватися всім калібрувальним лабораторіям.

Довіра до результатів вимірювання, точні вимірювання і встановлення простежуваності не є самоціллю — вони обслуговують потреби промисловості, торгівлі й суспільства.

У загальних висновках і рекомендаціях *BIPM* зазначено: «Стійка конкурентоспроможність та інноваційна діяльність у всіх галузях вимагають точних вимірювань та випробувань з встановленням простежуваності до стабільних у часі опорних еталонів... Необхідно приділяти більше уваги створенню національних метрологічних інститутів у країнах, що розвиваються. Ця політика повинна розглядатися як фундамент розвитку економіки і підвищення рівня життя...» [2].

ВИСНОВКИ

1. Поняття «калібрування» і діяльність, ним регламентована, зазнали трансформації відповідно до міжнародних вимог і повинні здійснюватися відповідно до Закону [1].

2. Принципово неможливо застосовувати методичні документи з повірки ЗВТ під час калібрування ЗВТ.

3. Метрологічна простежуваність поєднує концепції невизначеності й калібрування з ієрархією еталонів та відкриває можливості для міжнародного визнання результатів вимірювання (калібрування).


4. Виділено та описано елементи простежуваності.

5. Доцільно додатково регламентувати вимоги до еталонів та періодичного калібрування еталонів (особливо за умови декількох ступенів передавання розміру одиниці вимірювання в лабораторії) як елемента метрологічної простежуваності.

6. Важливо забезпечити метрологічну простежуваність для конкурентоспроможності та інноваційної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

- 1 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (Law of Ukraine «On metrology and metrological activity») <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1314-18/page>.
- 2 Звіт секретаря Міжнародного бюро з мір і вагів (*BIPM*) для 23 Генеральної конференції з мір і вагів (*CGPM*) (The report of the Secretary of the International Bureau of Weights and Measures for 23 General Conference on Weights and Measures) <http://temperatures.ru/pdf/CIPM-report2007.pdf>.
- 3 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM 3) (Міжнародний словник основних і загальних термінів в метрології) — <http://www.oiml.org/publications/V/V002-200-e10.pdf>.
- 4 Міжнародний словник термінів у законодавчо

- регульованій метрології (VIML), переклад ДП «Укр-метрестандарт».
- 5 Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 15 червня 2004 року N 1765-IV (The Law of Ukraine «On Amendments to the Law of Ukraine» On metrology and metrological activity «of June 15, 2004 N 1765-IV) <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1765-15/page>.
 - 6 ISO 10012:2003 Measurement management systems. Requirements for measurement processes and measuring equipment (Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального оснащення).
 - 7 Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів, затверджено наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України 08.02.2016 № 193, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 лютого 2016 р. за № 278/28408 (Procedure verification of legally controlled measuring instruments in use and registration of its results) (<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0278-16>).
 - 8 ДСТУ OIML D 23:2008. Метрологія. Принципи метрологічного контролю обладнання для повірки (OIML D 23:1993, IDT). (Metrology. Principles of metrological control equipment used for verification).
 - 9 ILAC P10:2002 ILAC policy on traceability of measurement (Політика ILAC з простежуваності вимірювань).
 - 10 ДСТУ 3989-2000 Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів (Metrology. Calibration of measuring instruments. The main provisions, organization, procedure and presentation of results).
 - 11 ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (General requirements for the competence of testing and calibration laboratories).
 - 12 ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій).
 - 13 Міжнародний словник з метрології — Основні й загальні поняття та пов'язані з ними терміни (VIM). Видання 3-тє. Версія 2008 року з незначними виправленнями, переклад ННЦ «Інститут метрології».
 - 14 Кузьменко Ю.В. Експериментально-конструктивні методи удосконалення відтворення одиниць витрати плинних середовищ та забезпечення їх простежуваності [Текст]: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. тех. наук (05.01.02) / Кузьменко Юрій Володимирович; ДП «Укрметрестандарт». — Київ, 2017.
 - 15 Величко О.М., Коломієць Л.В., Гордієнко Т.Б. Метрологічна простежуваність: основи і нормативне забезпечення. Підручник// За заг. ред. д-ра техн. наук О.М. Величка. — Одеса: ВМВ, 2009. — 205 с. (Velichko O.M., Kolomiyec L.V., Gordienko T. B. Metrological traceability, regulatory framework and support. Textbook).
 - 16 OIML G 1-100 Edition 2008 (E) Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. (МОЗМ р 1-100 видання 2008 (E) Оцінювання даних вимірювань — Керівництво з вираження невизначеності вимірів.) https://www.oiml.org/en/files/pdf_g/g001-100-e08.pdf.
 - 17 ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (ISO/МЕК керівництво 98-3:2008. Невизначеність вимірювання — Частина 3: Настанови щодо вираження невизначеності у вимірі (ГУМ:1995)) http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=50461.
 - 18 EA-4_02 Європейська асоціація з акредитації. Вираз невизначеності вимірювання при калібруванні http://naau.org.ua/wp-content/uploads/2015/06/EA-4_02.pdf.
 - 19 Спільна BIPM, OIML, ILAC та ISO декларація з метрологічної простежуваності 9 листопада 2011 р. (Joint BIPM, OIML, ILAC and ISO declaration on metrological traceability November 9, 2011) http://aacanalitica.ru/Files/ILAC_doc/sovmetstnaya_deklaraciya.pdf.
 - 20 «Угода про взаємне визнання національних еталонів та сертифікатів калібрувань та вимірювань, що видаються національними метрологічними інститутами» (Agreement on the mutual recognition of national measurement standards and calibration and measurement certificates issued by National Metrology Institutes) <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/cipm-mra-text/>.
 - 21 KCDB BIPM Appendix C (додаток C) www.kcdb.bipm.org.
 - 22 www.bipm.org/en/cipm-mra/logo.
 - 23 COOMET R/GM/15:2007 Рекомендація COOMET Порядок оформлення свідоцтв калібрування, що видають національні метрологічні інститути в рамках CIPM MRA (COOMET Recommendation Procedure of calibration certificates, issuing national metrology institute under the CIPM MRA) http://www.coomet.net/fileadmin/user_files/DOCUMENTS/COOMET_Documents/Recommendations/Recommendation_R_GM_15_2007_rus.pdf.
 - 24 Угода про взаємне визнання між ILAC та НААУ за напрямками «випробувальні та калібрувальні лабораторії» (Agreement on mutual recognition between ILAC and NA AU in areas of «testing and calibration laboratories» ILAC-MRA) <http://naau.org.ua/wp-content/uploads/2016/04/794545d55df54869424dc13510c9ef11.pdf>.
 - 25 Угода щодо використання знаку ILAC MRA (Agreement on the use of the mark ILAC MRA) <http://naau.org.ua/wp-content/uploads/2016/04/98528bb141b5698a62368d79d218cc8d.pdf>.
 - 26 ISO 34:2009 General requirements for the competence of reference material producers (Загальні вимоги до компетентності виробників еталонних матеріалів).
 - 27 Підписанти угоди CIPM MRA (signatories agreement CIPM MRA) <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/participation/signatories.html>.
 - 28 Реєстр акредитованих органів з оцінки відповідності (The register of accredited conformity assessment bodies) <http://naau.org.ua/reestr-akreditovanih-ooov/>.
 - 29 Резолюція 11 двадцять другої Генеральної Конференції з мір і вагів «Зв'язок між національними метрологічними інститутами і національними (визнаними) органами з акредитації» (Resolution 11 twenty-second General Conference on Weights and Measures «Relationship between National Metrology Institutes and national (recognized) by the Accreditation»).
 - 30 ДСТУ OIML D8:2008 Метрологія. Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання та документація (OIML D8:2004 Measurement standards. — Choice, recognition, use, conservation and documentation).
 - 31 ДСТУ ILAC-G 24/OIML D10:2013 Метрологія. Настанови щодо визначення міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки (ILAC-G 24/OIML D10:2007, IDT). 

Отримано / received: 07.09.2017.

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.