



УДК 001.8:389.14

ПОНЯТІЙНО-ТЕРМІНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ МЕТРОЛОГІЇ

Є.Т. Володарський, доктор технічних наук, професор Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"

Л.О. Кошева, доктор технічних наук, професор Національного авіаційного університету, м. Київ



Є.Т. Володарський



Л.О. Кошева

Розглянуто деякі розбіжності понятійно-термінологічного апарату метрології, застосованого в Україні, з нормами та правилами, визнаними на міжнародному рівні, що призводить до неоднозначного тлумачення метрологічних процедур та операцій, введення та застосування протирічних нормативних актів і, як наслідок, зниження науково-технічної конкурентоспроможності України на міжнародних ринках.

Показано, що гармонізація понятійно-термінологічного апарату метрології надасть гарантії порозуміння міжнародного співтовариства та усунення бар'єрів у торгівлі, промисловості, науці, можливості забезпечення подальшого економічного розвитку країни.

The paper illustrates some differences between the metrological concepts and terms used in Ukraine and the norms and rules accepted at the international level which result in ambiguous interpretation of metrological procedures and operations, implementation and application of inconsistent regulations and, consequently, reduction of the scientific and technological competitiveness of Ukraine on the international market.

It is shown that the harmonization of metrological concepts and terms will assure better international cooperation, contribute to the elimination of technical barriers to trade, industry, science, and give possibilities for further economic development of the country.

Вступ

Реальне життя показує, що метрологія – не тільки сукупність знань, але й область практичної діяльності суспільства, вона охоплює всю сферу діяльності та життя людини, тому метрологія по-

винна мати універсальну базову основу, чітку й доступну для розуміння користувачів у будь-яких сферах діяльності. З урахуванням прагнення міжнародного співтовариства до інтеграції економіки, головним завданням метрології є забезпечення порівнянності та сумісності результатів вимірювань незалежно від часу і місця їх проведення. Запропонований надалі матеріал розглядається саме із цих позицій – позицій забезпечення порівнянності та сумісності результатів, що базується на однозначному тлумаченні вимог нормативної документації, використанні єдиних понять та належному виконанні процедур експериментальної інформатики [1], базовою серед яких є вимірювання.

Основна частина

Метрологія та вимірювання. Згідно із Законом "Про метрологію та метрологічну діяльність" (далі – Закон) [2], нова редакція якого зараз перебуває у стадії узгодження понять та положень на відповідність сучасним потребам суспільства, метрологія – це наука про вимірювання. При такому вузькому тлумаченні цього поняття часто постає питання та виникають підстави для різного роду дискусій щодо приналежності до метрології таких видів експериментальної діяльності, як, наприклад, контроль чи випробування.

У міжнародному словнику метрологічних термінів VIM-3, який є понятійно-термінологічною основою метрології на міжнародному рівні [3], наводиться розширене визначення метрології як науки про вимірювання та їх застосування, тим самим наголошуючи, по-перше, що вимірювання посідають чинне місце серед інших експериментальних методів пізнання (рис. 1), а по-друге, що всі експериментальні процедури, що містять вимірювання, мають керуватися метрологічними нормами та правилами.

Відповідно до визначення, наведеного в [3], вимірювання покликані "обслуговувати" інші процедури, спрямовані на здобуття технічних знань з метою отримання інформації про властивості матеріальних об'єктів, процесів та явищ оточуючого світу (рис.1). Їх виконують, наприклад, для контролю та управління експериментальними розробками, контролю технологічних параметрів продукції та виробничих процесів, у медицині для постановки



Рис. 1. Методи отримання інформації про стан об'єкта

діагнозу та лікування, для контролю стану довкілля, випробування якості продукції, тобто вимірювань задля вимірювань не буває, вони використовуються як джерело кількісної інформації при реалізації інших, більш складних процедур.

У такий спосіб, як впливає з логіки міркувань, якщо не буває вимірювань задля вимірювань, не повинно існувати і “суто” вимірювальних лабораторій. Проте Законом передбачено поняття “вимірювальна лабораторія” – підприємство, установа, організація чи їхній окремих підрозділ, що здійснює вимірювання фізичних величин, визначення хімічного складу, фізико-хімічних, фізико-механічних та інших властивостей і показників речовин, матеріалів і продукції, за винятком вимірювань (чому? – виділено нами), пов’язаних з оцінкою відповідності продукції, процесів, послуг, з документальним оформленням їх результатів. Під таке визначення підпадають усі лабораторії, які проводять експериментальні дослідження: калібрувальні, випробувальні, а також лабораторії, що виконують вимірювання, пов’язані, наприклад, з відтворенням одиниць та шкал фізичних величин первинними еталонами і передачею їхніх розмірів менш точним еталонам, із взаємними звіреннями еталонів, вимірюванням з метою уточнення фундаментальних фізичних констант і довідкових стандартних відомостей про властивості матеріалів і речовин тощо.

Відповідно до п. 2 ст. 10 Закону вимірювальні лабораторії можуть виконувати вимірювання у сфері поширення державного метрологічного нагляду за умови їх атестації на проведення цих вимірювань. Сфери поширення державного метрологічного нагляду визначено статтею 20 Закону. Усього їх 14, у числі яких присутні роботи із забезпечення

захисту життя і здоров’я громадян, контролю стану довкілля, контролю безпеки умов праці тощо. Як бачимо, перелік доволі великий. Таким чином, наявність поняття вимірювальної лабораторії приводить до необхідності проведення процедури атестації для значної їх кількості у відповідних органах Держспоживстандарту. Організація, порядок проведення атестації вимірювальних лабораторій, вимоги, які пред’являються до вимірювальних лабораторій, визначено “Правилами уповноваження та атестації у державній метрологічній системі”, затвердженими наказом Держспоживстандарту № 71 від 29.03.2005 (далі –Правила).

У процесі проведення робіт з атестації вимірювальних лабораторій органом з атестації визначається відповідність заявників критеріям атестації, встановленим у пунктах 4.3.4 та 4.7.4 Правил, або вимогам, яким повинна відповідати лабораторія, для того щоб бути атестованою. Критерії атестації діляться на 2 категорії: критерії на незалежність та критерії на технічну компетентність. Одночасно, виконуючи функції випробувальної або калібрувальної лабораторії, ці так звані вимірювальні лабораторії мають проходити, відповідно до [4], процедуру акредитації (підтвердження технічної компетентності) в інших структурах, яка значною мірою дублює процедуру атестації. У результаті цього одні й ті самі випробувальні і калібрувальні лабораторії, які згідно із Законом відносять до вимірювальних, змушені двічі проходити одну й ту саму по суті процедуру, що ускладнює роботу лабораторій, спричиняє невикордані втрати часових та фінансових ресурсів.

Поняття “вимірювальна лабораторія” у світовій метрологічній практиці не використовують, на-

приклад, у Болгарії, Словаччині, Польщі, Чехії, Латвії та країнах СНД (Білорусі, Росії) [5, 6] національними законами про метрологічну діяльність не передбачені поняття “вимірювальна лабораторія” та пов’язана з її існуванням процедура атестації.

У зв’язку з цим можна зробити висновок, що назва лабораторії “вимірювальна” є узагальнюючою, під якою можна розуміти будь-які за своїм функціональним призначенням лабораторії. Заміна назви “вимірювальна” лабораторія на більш цільову назву, наприклад, калібрувальна, випробувальна, діагностична, внесе чітке розмежування лабораторій за видом їх діяльності, тоді відпаде необхідність у процедурі обов’язкової атестації, яка заміниться на акредитацію як процедуру підтвердження технічної компетенції, що є нормальною практикою для більшості країн світу.

На сьогодні економіка України відійшла від централізованого керування та стала на шлях ринкових відносин. Відповідно й функції Держспоживстандарту, з нашої точки зору, мають бути змінені з урахуванням нових умов і світового досвіду. Ринкова економіка природним чином змінює співвідношення прав і обов’язків загальнодержавних органів і підприємств, що діють на свій страх і економічний ризик. Сьогодні першочерговим завданням державних органів стає не дріб’язковий контроль і опіка приватних у своїй більшості підприємств, а створення системи інформаційної підтримки приватного бізнесу, поширення нових технічних віань і рішень, що підвищують конкурентоспроможність вітчизняної продукції, підтримку вітчизняного бізнесу, забезпечення безпеки виведеної на ринок України продукції.

Вимірювання та єдність вимірювань.

Оскільки вимірювання та їх застосування є основним предметом дослідження метрології, розглянемо сучасні вимоги до їх властивостей. Відповідно до VIM-3, вимірювання – процес експериментального знаходження одного чи декількох значень, які можуть бути обґрунтовано приписані величині.

Для практичного застосування вимірювань необхідно бути впевненим, що їхні результати не зміняться (у межах заданої точності) від зміни компонентів вимірювального процесу, тобто має бути забезпечена порівнянність результатів вимірювань однорідних величин незалежно від місця та часу їх проведення. Основою порівнянності результатів вимірювань є їхня єдність. Єдність результатів – дуже важливе поняття, бо воно, по-перше, є головною визначальною ознакою вимірювань, що відрізняє їх від інших методів отримання первинної інформації, а по-друге, надає можливості практичного застосування результатів вимірювань.

У Законі під єдністю вимірювань розуміють такий їхній стан, за якого результати виражають в узаконених одиницях вимірювань, а характери-

сти похибок або невизначеності вимірювань відомі та із заданою ймовірністю не виходять за встановлені границі. Щодо сучасності та необхідності цього визначення можна навести такі міркування.

По-перше, у теперішній час у всьому світі давно та успішно впроваджено Міжнародну систему одиниць SI. Це підтверджується і тим, що VIM-3 у своїх статтях розглядає лише Міжнародну систему одиниць (тобто одиниці узаконені). І хоча поряд із нею у деяких країнах у побуті, торгівлі та промисловості застосовуються національні одиниці, вони мають однозначний зв’язок із системою одиниць SI. У міжнародних відносинах для забезпечення вільного доступу товарів на міжнародний ринок, для усунення нетарифних бар’єрів у торгівлі та промисловості використовується виключно система одиниць SI. Статтею 7 Закону її застосування закріплено і в Україні. На сьогодні міжнародними організаціями ISO та IEC серією стандартів 8000 (Величини та одиниці) [7], що з’явилися на заміну міжнародних стандартів серії ISO 31:1992, введено в дію не тільки одиниці фізичних величин, їхні назви, позначення, правила застосування, але й символи та математичні знаки, що використовуються у природничих та технічних сферах.

По-друге, із введенням концепції невизначеності [8] альтернативи поданню результату з оціненою розширеною невизначеністю з відповідним рівнем довіри (довірчою ймовірністю) немає. Таким чином, поняття “єдність вимірювань” на певному етапі розвитку метрології виконало свою функцію і на сьогодні втратило актуальність.

Змістовне навантаження поняття “єдність вимірювань” несуть введені у VIM-3 поняття:

“метрологічна зіставленість результатів вимірювання (metrological comparability of measurement results) – зіставленість результатів вимірювання однорідних величин, які мають метрологічну простежуваність до тієї самої базової одиниці”;

“метрологічна сумісність результатів вимірювання (metrological compatibility of measurement results) – властивість множини результатів вимірювання для вказаної величини, за якої абсолютна величина різниці для будь-якої пари значень вимірюваної величини менша, ніж деяка вибрана кратність стандартної невизначеності вимірювання цієї різниці”.

У такий спосіб можна зробити висновок, що застосування у традиційному сенсі поняття “єдність вимірювання” на сьогодні є недоцільним, а суть його розкривають гармонізовані з міжнародними поняття зіставленості та сумісності результатів вимірювання, що має бути відображено у сучасній редакції Закону.

Єдність (зіставленість та сумісність) вимірювання та простежуваність. У свою чергу, результати вимірювання будуть мати властивості зіставленості та сумісності у разі, коли вони не залежать від вибору засобу вимірювальної

техніки (ЗВТ). Тобто, всі ЗВТ однієї фізичної величини повинні зберігати той самий розмір одиниці, який відтворюється одним вихідним еталоном з наступною передачею розміру цієї одиниці всім ЗВТ, що вимірюють дану величину. Для характеристики цієї властивості у міжнародній практиці застосовується термін “метрологічна простежуваність вимірювань”.

За документом [3] метрологічна простежуваність (далі – простежуваність) – властивість результату вимірювань, що характеризує його зв’язок із визнаним стандартом, підтверджена нерозривним ланцюгом калібрувань, кожний з яких робить свій внесок у невизначеність вимірювань. Іншими словами, простежуваність – це “прив’язка до еталонів” з метою забезпечення зіставленості та сумісності результатів вимірювання, тобто мається на увазі, що результат вимірювання може бути співвіднесений з національним або міжнародним еталоном, кожний з яких має певні значення невизначеності через безперервний ланцюг порівнянь, тобто результат вимірювання простежується до вихідного еталона. У такий спосіб єдність (зіставленість та сумісність) вимірювань є наслідком їх простежуваності.

Простежуваність та калібрування. З метою забезпечення простежуваності вимірювань до одиниць SI всі прилади, які використовуються для проведення вимірювань, необхідно калібрувати до та під час експлуатації. За Законом калібрування засобів вимірювальної техніки – визначення в певних умовах або *контроль* метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки. Недосконалість такого визначення може призвести до небажаних наслідків. Відомо, що результатом контролю є рішення, яке буває позитивним або негативним, що властиво іншій процедурі – повірці. У такому випадку калібрування підміняється повіркою, за якою можна не фіксувати (не надавати у свідоцтві про повірку) отримані метрологічні характеристики ЗВТ, як це вимагається при калібруванні, що призводить до переривання ланцюга простежуваності.

У той час VIM-3 надає більш досконале визначення: калібрування – це операція, яка за певних умов установлює співвідношення між значенням величини, отриманим за допомогою еталона, та відповідним значенням величини, отриманим при вимірюванні засобом вимірювальної техніки з оціненою невизначеністю. Як бачимо, у VIM-3, по-перше, відсутній термін “контроль”, що надає однозначності тлумаченню поняття “калібрування”.

По-друге, при трактуванні понять “калібрування” та пов’язаного з ним “простежуваність” VIM-3 посилається на вимоги керівного документа ІЛАС [9] щодо політики простежуваності результатів вимірювань. Ці вимоги встановлюють обов’язковість нерозривного ланцюга калібрувань, що приводить до первинного еталона, документально

підтвердженої невизначеності результату калібрування, документально підтвердженої методики калібрування, акредитації лабораторії на технічну компетентність тощо. Тому першочерговими мають бути не затверджені повірочні схеми, а документи, які ґрунтуються на принципах VIM та ІЛАС, що замість цих схем установлюють основну вимогу калібрування – метрологічну простежуваність. Зокрема, в галузі аналітичних вимірювань, залежно від виду наявної еталонної бази, калібрування має відбуватися для різних груп величин.

Дійсно, в залежності від можливості простежуваності до одиниці SI можна виділити дві групи величин. До першої групи можна віднести величини, для яких результат вимірювання безпосередньо простежується до одиниці SI. Для них доступні первинні референтні методики виконання вимірювань (МВВ) і засоби вимірювальної техніки, що виконують роль еталонів-калібраторів. Така ситуація характерна для калібрувальних лабораторій (не слід плутати зовнішню процедуру калібрування, яку здійснюють відповідні органи, з робочим калібруванням ЗВТ, яке передбачено інструкцією з його експлуатації і проводиться періодично в лабораторії із застосуванням внутрішніх калібраторів, що додаються).

До другої групи належать величини, для яких результат вимірювання не може безпосередньо простежуватися, що має місце для більшості лабораторій, які проводять дослідження харчової продукції, у мікробіології, хімії, медицині тощо. При цьому процедурі вимірювання передує етап підготовки проби з наступним виділенням компонента, який несе інформацію про властивості об’єкта і може бути безпосередньо виміряний за допомогою ЗВТ. Неналежне виконання попередніх етапів вносить додаткову неточність у результат. У цьому випадку треба проводити наскрізне калібрування, яке враховує реальні характеристики всіх етапів, а не тільки засобу вимірювальної техніки, а в якості еталона застосовувати стандартні зразки. У такий спосіб має бути створена система забезпечення простежуваності результатів за допомогою спеціальної референтної системи (рис. 2), яка включає референтні матеріали, методики та лабораторії, а показники точності результатів визначають при спільному міжлабораторному експерименті [10]. Тоді простежуваності будуть підлягати не тільки технічні засоби, але й методики виконання вимірювань. При цьому не виключається окреме калібрування застосовуваних ЗВТ.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що при користуванні в реальній практиці недосконалим визначенням терміна “калібрування”, наведеним у Законі, можливі неоднозначні його тлумачення, а відтак і некоректні дії щодо самої процедури калібрування, що не збігається з міжнародним трактуванням цього поняття, яке відноситься до всієї процедури вимірювання, а не тільки до

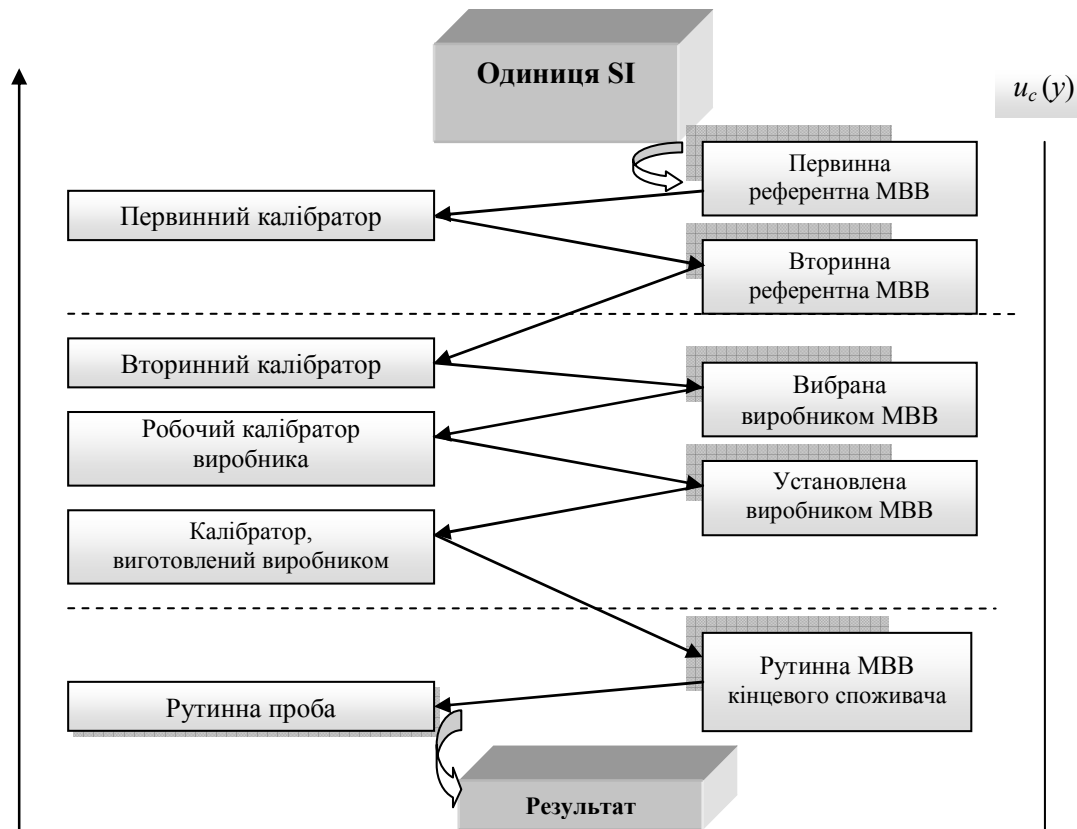


Рис. 2. Екстенсивна ієрархія калібрування й простежуваність до одиниці SI

метрологічних характеристик ЗВТ, що спрямовано на забезпечення простежуваності результатів експериментальних процедур та є гарантією їх точності та достовірності.

Калібрування та повірка. Згідно із Законом засоби вимірювальної техніки, які знаходяться у сфері державного нагляду, підлягають повірці – встановленню придатності засобів вимірювальної техніки, на які поширюється державний метрологічний нагляд, до застосування на підставі результатів контролю їх метрологічних характеристик. Ці ЗВТ можна застосовувати на практиці за наявності свідоцтва про позитивні результати повірки.

У деяких випадках вважають, що повірка від калібрування відрізняється лише тим, що повірка розповсюджується на ЗВТ, що знаходяться у сфері державного нагляду. Підставою для цього, мабуть, є введення у визначення калібрування, яке наводиться в Законі, поняття “контроль”. При зіставленні технічної суті понять “калібрування” та “повірка”, можна зробити висновок, що і в тому і в іншому випадку об’єктом дослідження є похибка ЗВТ, що калібрується або повіряється. У технічному відношенні як калібрування, так і повірка полягають у зіставленні менш точного засобу з більш точним, яким є еталон, тобто і в тому, і в іншому випадку виконуються одні й ті самі технічні операції.

Але свідоцтво про повірку, як правило, не містить відомостей, подання яких у свідоцтві про калібрування є обов’язковим і без яких не можна надалі

забезпечувати простежуваність та оцінювати правильність результатів випробувань. До таких відомостей належать:

- установлена в процесі проведення експерименту невизначеність;
- діапазон вимірювання або результати вимірювання, до яких відноситься значення невизначеності;
- умови, за яких були проведені дослідження;
- посилення на репер, від якого виходить ланцюг простежуваності.

Свідоцтво про повірку може бути доказом простежуваності тільки за умови наведення у ньому зазначених вище відомостей.

Повірку від калібрування в нашій державі відрізняє також і той факт, що повірка проводиться спеціальними офіційними повірочними органами метрологічної служби, які встановлюють їх придатність до застосування, а калібрування є вільним від повірочної служби. Каліброваному засобу приписують ті значення величини, що отримані на підставі звірення з еталоном. Питання про застосування ЗВТ вирішує його утримувач.

Таким чином, повірка складається з двох різних процедур: технічної та директивної. При технічній процедурі проводиться експериментальне оцінювання похибок ЗВТ.

Директивна процедура полягає у формулюванні, за протоколами проведеної експериментальної процедури, рішення про відповідність (невідповід-

ність) ЗВТ установленим вимогам, які представлені границями допустимих значень похибки, що оформлюється у вигляді протоколу про придатність (непридатність) ЗВТ для подальшої експлуатації. У світовій практиці таке розділення функцій логічно завершено – зазначені процедури виконуються різними службами: експериментальне оцінювання похибок здійснюється калібрувальними лабораторіями, а прийняття рішення про відповідність, яке називається верифікацією, здійснюється державними органами верифікації на основі свідоцтва, наданого калібрувальною лабораторією. При такому підході забезпечуються простежуваність результатів та державний нагляд за ЗВТ, на які він поширюється.

Цей досвід, з нашої точки зору, доцільно застосувати і в Україні, що внесе чітке розподілення функцій між лабораторіями, які при такому підході можуть бути і не державними, та органами, які здійснюють державний метрологічний нагляд.

Таким чином, процедура перевірки, яка перейшла в українську метрологічну практику з радянських часів у тому вигляді, як вона зараз існує, призводить до розриву ланцюга простежуваності. Функції перевірки може виконувати процедура верифікації, під якою розуміють перевірку і маркування та/або випуск сертифікату, який засвідчує і підтверджує, що вимірювальний інструмент відповідає вимогам нормативного законодавства [3, 4], що дозволить зменшити витрати на утримання повірочних лабораторій та спростити отримання відповідних документів.

Простежуваність та невизначеність. Простежуваність є однією із складових, що визначають довіру до отримуваних результатів. На формування достовірності результату впливає велика кількість факторів, найбільш суттєвим з яких є точність, що характеризує близькість результату до істинного значення. Відомо, що передача розміру одиниці супроводжується втратою точності, що характеризується невизначеністю вимірювання для кожного кроку в ланцюгу простежуваності, яка оцінюється на підставі узгоджених методів і має приводитися у такий спосіб, щоб оцінювання сумарної невизначеності було можливим для всього ланцюга.

Невизначеність та непевність. Слід відзначити, що термін “невизначеність”, який перекладено з російського “неопределенность”, введений нормативним документом [11], не зовсім відповідає змісту багатозначного англійського слова “uncertainty”, сутність якого в цьому випадку точніше відбиває такий його переклад, як “непевність”. Справа в тому, що результат визначено, але залишається сумнів (непевність) у його достовірності. Тобто, виникає сумнів стосовно того, наскільки доб-

ре результат вимірювання відбиває істинне значення вимірюваної величини. Тому змістовне навантаження терміну “uncertainty” вимагає більш вдалого перекладу з англійської мови на українську, ніж переклад російського терміну “невизначеність”.

Невизначеність (непевність) та похибка. Вимірювання зводяться до встановлення меж, в яких найбільш імовірно знаходження значення фізичної величини. Оскільки оцінювання істинного значення фізичної величини кшталт філософського питання про абсолютну істину, а похибка є математичною абстракцією, Міжнародне бюро мір та ваг (МБМВ) рекомендувало використовувати інший показник якості вимірювань, не пов’язаний з істинним значенням, що визначається у результаті вимірювального експерименту і називається невизначеністю.

У частині практичного застосування концепція невизначеності є аналогічною класичній теорії оцінювання точності результатів, за якою похибка характеризується відстанню (довжиною відрізка) між результатом та істинним значенням. Відрізняє ці концепції лише те, у відношенні до якого значення, істинного чи вимірюваного, оцінюють дисперсію спостережуваних даних. При класичному підході розсіювання розглядають у відношенні до істинного значення вимірюваної величини (фіксовано кінець відрізка, пов’язаний з істинним значенням), а в концепції невизначеності – у відношенні до результату вимірювань (фіксовано кінець відрізка, пов’язаний з результатом).

Однак є особливі випадки, оцінювання якості результатів яких за невизначеністю мають суттєві переваги. Наведемо деякі з них.

Оцінювання результатів непрямих вимірювань. Результати так званих непрямих* вимірювань отримують при обчисленні результатів прямих вимірювань, які були отримані при експерименті. У загальному випадку прямі вимірювання могли проводитися в різних умовах. Більш того, при непрямих вимірюваннях аргументами, пов’язаними між собою відомою функціональною залежністю, можуть бути як результати вимірювань у зазначених умовах, так і дані, які були взяті з довідкової, нормативної та іншої літератури, для яких умови не вказані. Тоді виникає питання: за яких умов нормувати похибку результату? Крім того, при непрямих вимірюваннях, зазвичай, не враховують похибку обчислень. Невизначеність (непевність) саме і дозволяє з імовірнісних позицій оцінити можливі значення результатів непрямих вимірювань.

Проблеми з еталонною базою. Первинно концепція невизначеності була покликана для оцінювання результатів експериментальних процедур, куди в останній час поширилася сфера вимірювань: аналітична хімія, медицина, фізіологія, біологія,

*За визначенням VIM-3 вимірювання – це знаходження експериментальним шляхом значення вимірюваної величини. А те, що називають непрямими вимірюваннями, – це обчислення з використанням результатів вимірювань.

де є проблеми з еталонною базою і для яких іноді не може йти мова навіть про дійсне значення. У цих випадках невизначеність не тільки виражає сумнів у достовірності результатів, але є єдиним показником їх точності.

Випробування. Оцінюваний у процесі випробувань параметр зразка продукції у являє собою функцію від вхідних величин (характеристик режиму та умов випробувань) x_1, x_2, \dots, x_n , що описується модельним рівнянням $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, характер якої у більшості невідомий. На точність результату випробувань часто впливають процедури виділення компонента з досліджуваного зразка (речовини), що несе інформацію про властивість об'єкта. Крім того, процес організації та проведення випробувань, у тому числі підготування зразків, супроводжується значною часткою суб'єктивізму, а також впливом випадкових величин та можливим їх сполученням. Все це унеможливує оцінювання точності результатів випробувань за похибкою, у той час як оцінювання невизначеності результату, зокрема підхід up down [12, 13], дає гарні результати.

Вимірвальний контроль. Для таких експериментальних процедур як вимірвальний контроль, остаточною результатом є судження, яке носить бінарний характер. Оцінка невизначеності вимірвальної процедури має враховуватися при оцінюванні результатів контролю і дозволяє встановлювати норми помилкових рішень про відповідність вимогам. Відмінна особливість оцінювання невизначеності результатів вимірвального контролю полягає в тому, що вихідним є інтервал невизначеності, розташований в околі граничних значень контрольованої величини, довжина якого залежить від метрологічних характеристик ЗВТ, застосовуваних при контролі, а невизначеність прийняття рішення про відповідність характеристики нормам пов'язана з імовірністю знаходження можливих значень контрольованої величини в цьому інтервалі [14–16] і може виражатися не тільки у вигляді ймовірності прийняття помилкових рішень, а й у вигляді невизначеності щодо параметрів вхідної величини.

Суб'єктивне оцінювання. Існує ряд практичних завдань, які мають слабо формалізовані та ненадійні вихідні дані, де застосування методів, відмінних від методів теорії ймовірності може дати кращі результати. Наприклад, використання теорій, що ґрунтуються на нечітких алгоритмах, може давати кращі результати при вирішенні завдань, пов'язаних із недостатньою визначеністю (розмитістю) самої події. У [17] розглянуто підхід, що дозволяє оцінити невизначеність вимірювань за допомогою нечіткої множини.

Підсумовуючи, можна сказати, що введення концепції невизначеності надало можливості уніфікувати оцінювання показників точності результатів експериментальних процедур, у тому числі й

із застосуванням вимірювань, виконаних у різний час і в різних місцях, тобто підвищити їх достовірність та забезпечити їх порівнянність. Більшість країн почало застосовувати Настанови [8] з моменту їх ухвалення МБМВ. Тривалий час у нашій країні проводилися дискусії щодо доцільності прийняття нової концепції. До цього часу дехто ще не сприймає концепцію невизначеності (непевності), яка є дійовим інструментом при оцінюванні точності складних експериментальних процедур, у тому числі й випробування, що займають 80 % усіх експериментальних досліджень. Впровадженню концепції невизначеності (непевності) перешкоджали інертність мислення, звички, майбутня величезна робота з переробки нормативної документації та інші аналогічні причини.

На цей час оцінювання якості вимірювань в Україні перебуває у перехідному стані (від оцінювання за похибками до оцінювання за невизначеністю). Уже проведено велику роботу щодо зміни термінології, понять, переробки та перевидання стандартів і відповідної документації (інструкцій з експлуатації, регламентних робіт), з підготовки фахівців. Свою роль у цей період зіграв нормативний документ [18] про спільне використання понять похибки та невизначеності вимірювань. Але перехідний період надто затягнувся. На сьогоднішній день необхідно позбавлятися подвійних стандартів, коли в повсякденній метрологічній практиці можна користуватися вітчизняними нормативними документами, а “при проведенні спільних робіт із зарубіжними країнами, у роботах, що проводяться під егідою МБМВ і його консультативних комітетів, при підготовці публікацій в зарубіжній пресі, при публікації робіт з визначення фізичних констант і в інших випадках, пов'язаних із виконанням міжнародних метрологічних робіт” [19], потрібно керуватися документом [8].

Таким чином, невизначеність дає можливість оцінювати якість результатів різних експериментальних процедур (з можливістю врахування власної невизначеності об'єкта і невизначеності еталона), у тому числі й прийняття рішення, з єдиних позицій, що забезпечить порівнянність результатів незалежно від часу і місця їх проведення і є нагальною вимогою часу.

Висновки

Спадщина, яка залишилася в законодавчій метрології з минулих часів, не враховує потреб сьогодення, специфіку розвитку сучасної економіки, інтеграцію України до СОТ, в деяких випадках спрямована на звуження поняття *метрологія*, пов'язуючи його тільки з засобами вимірвальної техніки. Це ускладнює практичну діяльність та не сприяє забезпеченню якості продукції.

Гармонізація на міжнародному рівні понять, термінів та нормативних документів у цілому є нагальною вимогою сьогодення, що надасть динаміки

розвитку України та можливості здійснення єдиної технічної політики в просторі світового співтовариства.

Список літератури

1. *Орнатський П.П.* Вступ до методології науки про вимірювання: навч. посіб. / П.П. Орнатський. – К.: ІСДО, 1994. – 160 с.
2. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 11.02.1998 № 113/98-ВР (у редакції Закону України від 15.06.2004 № 1765-IV).
3. Guide. International vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms. VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008.: ISO/IEC Guide 99-12:2007. – (Міжнародний стандарт).
4. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій: (ISO/IEC 17025:2001, IDT):ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 32 с. – (Національний стандарт України).
5. Федеральний закон РФ “Об обеспечении единства измерений” от 26.06.2008 № 102-ФЗ.
6. Закон Республики Беларусь от 20.07.2006 № 163-З “О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь “Об обеспечении единства измерений” от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII.
7. Quantities and units: ISO 8000 (IEC 8000). – (Міжнародний стандарт).
8. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. – First edition. – Switzerland: ISO, 1993. – 101 p.
9. Policy on Traceability of Measurement Results: ILAC P-10:2002.
10. *Кошева Л.О.* Забезпечення правильності результатів клініко-діагностичних досліджень / Л.О Кошева, О.О. Мішина // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2009. – № 3. – С. 44–49.
11. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681:94. – [Чинний від 1994-07-26]. – К.: Держстандарт України, 1994. – 68 с. – (Державний стандарт України).
12. Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation: ISO/TS 21748:2004. – (Міжнародний стандарт).
13. *Володарський Е.Т.* Обоснование целесообразности применения экспериментального подхода к оценке неопределенности количественных результатов лабораторных испытаний / Е.Т. Володарский, Л.А. Кошева // Український метрологічний журнал. – 2009. – № 3. – С. 8–12.
14. *Володарський Є.Т.* Оцінка невизначеності результатів контролю / Є.Т. Володарський, О.О. Мішина // Наукові вісті національного технічного університету України “КПІ”. – 2008. – № 2. – С. 20–25.
15. *Володарський Е.Т.* Особенности оценивания неопределенности некоторых экспериментальных процедур / Е.Т. Володарский, Л.А. Кошева // Український метрологічний журнал. – 2011. – № 2. – С. 5–12.
16. *Volodarskyi I.* Niepewnosć miara poziomu zaufania do wyników procedury doświadczalnych / I. Volodarskyi, L. Kosheva, Z. Warsza // Pomjari, awtomatyczna, control. – 2011. – Vol. 57, nr 6. – P. 599–602.
17. *Володарський Е.Т.* Взаимосвязь вероятностного подхода и нечеткой логики при оценке неопределенности измерений / Е.Т. Володарский, Л.А. Кошева, А.Н. Карпенко // Системи обробки інформації. – 2006. – Вип. 7 (56). – С. 19–22.
18. Рекомендация. Совместное использование понятия погрешность измерения и неопределенность измерения. Общие принципы: РМГ 91-2009 ГСИ. – [Введ. 2010-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2009. – 17 с.
19. Метрологія. Застосування “Руководства по выражению неопределенности измерений”: ДСТУ-Н РМГ 43:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 20 с. – (Національний стандарт України).