

DOI 10.32820/2079-1747-2021-27-117-124
УДК 006.32:006.91

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ЩОДО НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В МЕТРОЛОГІЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ

Тріщ Р.М., Черняк О.М., Артюх С.М., Бурдейна В.М., Грінченко Г.С.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Тріщ Роман Михайлович; ORCID: 0000-0002-9503-8428; trich_@ukr.net; професор, доктор технічних наук; завідувач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Черняк Олена Миколаївна; ORCID: 0000-0001-6167-8809; cherniak@uipa.edu.ua; кандидат технічних наук; старший викладач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Артюх Світлана Миколаївна; ORCID: 000-0003-0804-6313; artyhsn@gmail.com; кандидат технічних наук, доцент; доцент кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Бурдейна Вікторія Михайлівна; ORCID: 000-0002-0026-1900; zamorskavika@ukr.net; кандидат технічних наук, доцент; доцент кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Грінченко Ганна Сергіївна; ORCID: 0000-0002-6498-6142; hrinchenko@uipa.edu.ua; кандидат технічних наук, доцент; доцент кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Міжнародними документами, в яких містяться положення щодо визначення достовірності результатів вимірювань/випробувань, велика увага приділяється невизначеності вимірювань. Однак, на сьогоднішній день, розроблено лише концепцію оцінки невизначеності, принципи і методологія оцінки невизначеності не досягнули належного рівня можливості впровадження в практику. Ухвалення невизначеності, як оцінки якості отриманого результату вимірювань і декларування можливості оцінки достовірності цього результату, вимагає критеріїв оцінки якості самої невизначеності.

Для забезпечення можливості застосування невизначеності вимірювань необхідна розробка методології, яка дасть практичні методи і методики її оцінки для конкретних метрологічних робіт. Існуюча методологія представлена на цей час тільки на рівні рекомендацій. Тому на сучасному етапі впровадження в практичну метрологію концепції невизначеності вимірювань важливим завданням є вдосконалення методології в частині її регламентування у відповідних стандартних методиках.

Метою роботи є пояснення вимоги міжнародних стандартів щодо невизначеності вимірювань для застосування в метрологічну діяльність на промислових підприємствах.

Проведено аналіз концепції невизначеності вимірювань як наукової теорії і показано неоднозначність її здійснення для прикладної метрології, застосовуючи у різних лабораторіях. Показано, що для реалізації концепції оцінювання невизначеності вимірювань необхідно усунути наявні недоліки, розробити методики і навчити персонал правильності їх використання. Пропонується встановити критерії вибору або встановлення максимальної допустимої невизначеності для результатів конкретних вимірів, що, в свою чергу, призводить за собою розробку критеріїв правильності її встановлення.

Ключові слова: невизначеність вимірювань; калібрування; методика вимірювань; метрологічні характеристики; засоби вимірювальної техніки; еталон.

Trishch R., Cherniak O., Artyukh S., Burdeina V., Hrinchenko H. «Implementation of the requirements of international standards of measurement uncertainty in the metrological activities of enterprises»

International documents, which contain provisions for determining the reliability of measurement/test results, pay great attention to measurement uncertainty. However, to date, only the concept of uncertainty assessment has been developed, the principles and methodology for assessing uncertainty have not reached the proper level of possibility of implementation in practice. The acceptance of uncertainty as an assessment of the quality of the obtained measurement result and the declaration of the possibility of assessing the reliability of this result requires criteria for assessing the quality of the uncertainty itself.

To ensure the possibility of using measurement uncertainty, it is necessary to develop a methodology that will provide practical methods and techniques for its assessment for specific metrological works. The existing methodology is currently presented at the recommendation level only. Therefore, at the present stage of implementation of the concept of measurement uncertainty in practical metrology, an important task is to improve the methodology in terms of its regulation in the corresponding standard methods.

The aim of the work is to explain the requirements of international standards for measurement uncertainty for use in metrological activities at industrial enterprises.

The analysis of the concept of measurement uncertainty as a scientific theory was carried out and the ambiguity of its implementation for applied metrology is shown, using it in various laboratories. It is demonstrated that in order to implement the concept of assessing the measurement uncertainty, it is necessary to eliminate the existing shortcomings, develop methods and train personnel in the correctness of their use. It is proposed to establish selection criteria or establish the maximum permissible uncertainty for the results of specific measurements, which, in turn, leads to the development of criteria for the correctness of its installation.

Keywords: measurement uncertainty; calibration; measurement technique; metrological characteristics; measuring equipment; standard.

Постановка проблеми

Міжнародними документами приділяється велика увага процесу оцінки невизначеності вимірювань, при цьому декларується, що концепція невизначеності вимірювань змінила сучасну метрологію. Питаннями невизначеності вимірювань займаються як в метрологічних організаціях, так і в організаціях, пов'язаних з акредитацією лабораторій для забезпечення метрологічної простежуваності результатів вимірювань.

Проведений аналіз різних ситуацій, які виникали при оцінці достовірності результатів вимірювань / випробувань з урахуванням значень невизначеностей результатів, дає підставу вважати, що для усунення протиріччя між двома лабораторіями необхідно домовлятися по оцінці складових невизначеності вимірювань при застосуванні ідентичних зразків для проведення вимірювань або випробувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для калібрувальних і випробувальних лабораторій основним критерієм їх компетентності є отримання достовірного результату вимірювань. Достовірність результату досягається виконанням багатьох вимог, серед яких вибір і забезпечення виконання робочих характеристик методик [1].

В роботі авторами запропоновано методіку оцінювання метрологічної надійності засобів вимірвальної техніки, яка базується на використанні концепції невизначеності вимірювання, що дозволяє забезпечувати метрологічну простежуваність, а також встановлювати міжповірочний інтервал для засобів вимірвальної техніки [2].

В роботі [3] аналізуються шляхи до реалізації алгоритму обробки результатів і оцінювання невизначеності вимірювань на основі байєсівського підходу.

Міжнародними документами, в яких містяться положення щодо визначення достовірності результатів вимірювань/випробувань, велика увага приділяється невизначеності вимірювань. У багатьох з них, зокрема в OIML G19 [4] встановлюється, що «концепція» невизначеності вимірювань», наведена в GUM (ISO/IEC Guide 98-1:2009 [5]), докорінно змінила сучасну метрологію. Розгляд невизначеності вимірювань широко визнається як в метрології, так і в співтовариствах акредитації лабораторій, як необхідне для забезпечення метрологічної простежуваності результатів вимірювань. В ISO/IEC Guide 99:2007 (VIM) [5] використовують посилання на GUM (ISO/IEC Guide 98-3: 2008 [6]) як на документи, визнані практиками - метрологами у прикладній метрології. Однак, для розробки і впровадження в практику теорії невизначеності вимірювань однієї теорії недостатньо.

Концепція являє собою комплекс поглядів на що-небудь, пов'язаних між собою і утворюють взаємопов'язану систему. Концепція повинна підтримуватися відповідними принципами і методологією. Особливості реалізації концепції невизначеності вимірювань вимагають ретельно розроблених принципів і методик. Відсутність принципів і методик оцінки невизначеності в конкретних випадках призводить до суттєвих помилок та зводить на нуль зусилля фахівців з розрахунку значення невизначеності. Крім того, відсутність допустимих значень і стандартних методик для вимірювання конкретних величин призводить до безцільності прикладених зусиль, тому що не існує критеріїв прийняття рішення про прийнятність отриманого результату

У [5] невизначеність вимірювання визначена як «невід'ємний параметр, що характеризує розсіювання значень величини, які приписуються вимірюваній величині на підставі інформації, що використовується». При цьому концепцію оцінки невизначеності можна сформулювати як визначення параметра кількісної оцінки якості результату вимірювання без використання поняття «істинне значення вимірюваної величини», який можна застосовувати для вирішення різних практичних завдань, пов'язаних з оцінюванням результату вимірювання.

Мета статті - пояснити вимоги міжнародних стандартів щодо невизначеності вимірювань для застосування в метрологічну діяльність на промислових підприємствах.

Основний матеріал

Принципи, як загальні положення, яким повинні задовольнити наукові припущення для оцінки невизначеності, можна сформулювати на підставі відомого з міжнародно-правових актів алгоритму її оцінювання, суть якого полягає в наступному:

- вибір моделі вимірювання;
- встановлення впливають на результат вимірювання факторів;
- складання рівняння вимірювання;
- оцінювання значень компонентів рівнянь;
- оцінка невизначеностей за типами A і B;
- визначення сумарної і розширеної невизначеності.

Але, в даному алгоритмі, не вистачає ще одного етапу - встановлення значення розширеної невизначеності, як критерію необхідної якості результату вимірювання для конкретної вимірвальної задачі. Для того, щоб реалізувати кожен з цих принципів

необхідна методологія, яка буде включати методи і методики для використання практиками для реалізації процесу оцінювання невизначеності. Існуюча методологія представлена на цей час тільки на рівні рекомендацій, наприклад, правила створення рівняння вимірювань, визначення оцінок його складових, порядок оцінювання значення невизначеності і реєстрації результатів. Тому на сучасному етапі впровадження в практичну метрологію концепції невизначеності вимірювань важливим завданням є вдосконалення методології в частині її регламентування у відповідних стандартних методиках.

Відсутність основоположних стандартних методик є проблемою при розробки процесу оцінювання невизначеності вимірювань кожної лабораторією самостійно. Це призводить до того, що вимірюючи одну і ту ж величину за стандартною методикою, кожна лабораторія використовує різні рівняння вимірювань, різні підходи до оцінки значень стандартних невизначеностей. В результаті намічена концепцією можливість звірення результатів вимірювань, проведених в різних лабораторіях не може реалізуватися. Таким чином, одним з головних протиріч даної концепції є некоректно записане рівняння вимірювання.

На практиці зустрічаються рівняння, в яких не витримується розмірність по компонентам, тобто не враховуються впливаючі чинники з коефіцієнтами впливу на результат і приведенням розмірності до значення результату. Це не тільки недостатня компетентність фахівця, але і складність встановлення коефіцієнта впливу.

При оцінюванні значень компонентів рівнянь в міжнародних документах, наприклад, в ЕА 4/02:2013 [7], допускається «вільність» у встановленні значень як самих компонентів, так і невизначеності, яку вони вносять. Наприклад, оцінка невизначеності під час калібрування гирі (додаток S.2 ЕА 4/02) значення компонент рівняння та значення невизначеності наведені без належного обґрунтування. Такий «вільний» підхід до значень компонент і їх вкладу в невизначеність може найближчим часом привести до появи параметра, який буде оцінювати якість кількісної оцінки невизначеності. І цей процес підтвердження або оцінки якості може тривати до нескінченності.

При оцінюванні невизначеностей за типом А і В допускається помилки, які пов'язані з методологією. При вимірюванні з одним незалежним спостереженням, невизначеність за типом А визначити неможливо. А при двох незалежних спостереженнях вже можна, тому що це вже багаторазові спостереження. При цьому виникає значна помилка обробки такого статистичного ряду. Тобто необхідний якийсь параметр, який буде оцінювати якість розрахованого і врахованого в оцінці розширеної невизначеності стандартної невизначеності за типом А. Необхідність такого параметра можна уникнути маючи стандартну методику, як договір між двома сторонами по оцінюванню стандартної невизначеності за типом А.

Така ж ситуація і з розрахунком стандартної невизначеності за типом В. Необхідно чітко визначитися: які впливні чинники враховувати; як оцінити їх вплив на результат вимірювання; який закон розподілу необхідно використовувати, інакше складно прийняти значення невизначеності для вирішення практичних завдань.

Для вирішення практичних завдань з оцінки невизначеності при конкретних вимірах повинні бути конкретні рекомендації, в яких регламентовано покрокове оцінювання. В іншому випадку інженер, функції якого вирішувати практичні завдання, повинен бути висококваліфікованим науковим співробітником. Однією з найважливіших завдань по оцінці невизначеності, крім методичних розробок, є розробка методології оцінки необхідної цільової невизначеності - максимальної допустимої невизначеності для оцінки достовірності і прийнятності отриманого результату вимірювання.

На сьогоднішній день підприємства і лабораторії здають засоби вимірвальної техніки (ЗВТ) на калібрування в акредитовану калібрувальну лабораторію, розуміючи, що невизначеність при калібруванні - це не метрологічна характеристика ЗВТ, а якість роботи

калібрувальної лабораторії. Критерієм якості калібрувальної лабораторії є значення найкращою калібрувальною можливістю лабораторії, яке вказане в атестаті акредитації. Але підприємство довіряє калібрувати ЗВТ лабораторії, у якій значення найкращою калібрувальною можливістю дорівнює чи перевищує значення максимальної допустимої похибки ЗВТ. Тобто при калібруванні в такій лабораторії ЗВТ буде свідомо непридатне до експлуатації за критерієм «головним ризиком отримання недостовірного результату вимірювання є перевищення ЗВТ його максимальної похибки».

У сертифікаті калібрування, нехтуючи похибкою, як основною метрологічною характеристикою ЗВТ, вказується відхилення. Значення цього відхилення вказується як середнє значення відхилень з результатів проведених експериментальних досліджень при звіряння показів ЗВТ із значенням величини, яка реалізується еталоном, що характеризує систематичну похибку ЗВТ.

Досвідчені фахівці, що працюють в калібрувальної лабораторії і володіють методологією оцінювання похибки вимірювань, як правило, визначають не просто відхилення, а максимальне значення відхилення, яке містить і випадкову і систематичну складові похибки ЗВТ. І цим значенням можуть керуватися користувачі ЗВТ при проведенні його метрологічного підтвердження відповідності вимогам вимірвальної задачі. Користувач ЗВТ може на практиці використовувати відхилення, встановлене при калібруванні як систематична похибка, якщо ЗВТ - міра або реалізований як програмно технічний засіб. Тобто в разі нехтотно малої випадкової складової похибки, що не характерно для аналогових стрілочних і цифрових приладів.

Оцінка невизначеності під час калібрування в основному проводиться за нестандартними методиками в порушення вимог статті 27 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [8]. У цих методиках основною помилкою є прийняття повторюваності ЗВТ як випадкової складової його похибки, що не відповідає дійсності. Кожний показ ЗВТ містить в собі випадкову і систематичну складові похибки, які визначаються в порівнянні з показами еталона з урахуванням метрологічного запасу по точності. Випадкова складова похибки ЗВТ, також як і його повторюваність, оцінюються середньоквадратичним відхиленням, які різняться з певною дисперсією.

Для оцінки випадкової складової при обробці статистичного ряду спостережень, отриманого з відхилень показів ЗВТ від еталонного значення, розраховується експериментальне середньоквадратичне відхилення одного значення. А при оцінці повторюваності розраховується експериментальне середньоквадратичне відхилення середнього значення результатів, отриманих при вимірюванні ЗВТ однієї і тієї ж величини в умовах повторюваності.

Суть протиріччя в тому, що середньоквадратичне відхилення випадкової складової завжди більше в порівнянні з середньоквадратичним відхиленням повторюваності, так як не враховується кількість незалежних спостережень, випадкова складова похибки входить в значення максимальної допустимої похибки, а повторюваність є окремою характеристикою ЗВТ, яка повинна бути дуже мала в порівнянні з максимальної допустимою похибкою.

Метод розрахунку невизначеності при вимірах і при калібруванні ЗВТ, запропонований в міжнародних документах (GUM [4], EA 4/02 [7] і ін.) дає завищений результат за рахунок повторного обліку чинників, що впливають. Наприклад, у результаті вимірювання вже враховано зміни температури, або неправильне розташування вантажу на платформі ваг, або зайве зусилля затиску губок штангенциркуля, але при оцінці невизначеності ці чинники ще раз враховують.

У OIML G 19 згадується практика проведення повірки ЗВТ, коли невизначеність не розраховувалася, але достовірність результату повірки забезпечувалася вибором еталона і дотриманням умов проведення експериментальних досліджень. У цьому ж документі

рекомендується, що значення невизначеності має бути незначним, і згадується запас по точності між метрологічними характеристиками еталона і ЗВТ, що перевіряється.

Оцінювання невизначеності еталонів теж має протиріччя, так як якщо сприймати нове визначення еталону, наведене в [5], то еталон не розглядається як ЗВТ. Але еталони, перш за все, є технічними засобами, застосовувані при вимірах в процесах оцінки відповідності, повірки, калібрування по ним інших ЗВТ. В [9] встановлено, що для зразка повинні бути встановлені величина, номінальне значення або діапазон виміру, яке відтворюється еталоном, похибка або клас точності, і невизначеність вимірювання із зазначенням інформації про її оцінюванні.

Відмова від розгляду еталона як ЗВТ, особливо для робочих еталонів, може привести до порушення єдності вимірювань на підприємствах, випуску неякісної та неконкурентоспроможною продукції. Порівняння невизначеності еталона з максимальною допустимою похибкою ЗВТ, контрольованого за допомогою цього еталону, свідчить про нерозуміння різниці між невизначеністю і похибкою, і призводить до порівняння абсолютно різних по фізичній природі понять.

При виборі еталона з великою похибкою, нестабільного, але відкаліброваного з невеликою невизначеністю, не можна достовірно відкалібрувати ЗВТ з меншою похибкою, ніж у еталону. Тому не можна визнавати правильним критерієм прийнятності еталона для повірки, калібрування ЗВТ співвідношення між невизначеністю і похибкою.

За теорією допускового контролю класичне співвідношення похибки ЗВТ, що застосовується для контролю допуску на контрольований параметр, приймається 1:3. І правильність такого підходу до вибору співвідношення допуску та похибки ЗВТ, за допомогою якого контролюють цей допуск, підтверджена практикою. Порівнювати невизначеність ЗВТ з допуском на контрольований параметр неприпустимо через різної природи понять допуск і невизначеність. Можна встановити з якою невизначеністю був проконтрольований допуск, але це буде мати сенс тільки в разі встановлення значення максимальної допустимої невизначеності для контролю конкретного допуску та розрахунку цієї невизначеності за встановленою методикою.

При перевірці випробувального устаткування, яке не дає результату вимірювання (холодильники, сита, печі, водяні лазні, калібри тощо) немає можливості їх калібрувати, тому що калібрування передбачає порівняння показів з еталонним значенням. Перевірка випробувального устаткування проводиться за допомогою робочих ЗВТ, а не еталонів. Термін «перевірка» для них відповідає перевірці їх технічних характеристик вимогам, встановленим в експлуатаційних документах або методиках калібрування і вимірювань, в яких передбачається використання цього випробувального устаткування.

У ISO/IEC 17025:2017 [11] встановлено, що калібрувальна і випробувальна лабораторії повинні оцінювати невизначеність вимірювання. У підрозділі щодо вимірального обладнання в якості метрологічної характеристики вказана точність, тобто похибка ЗВТ. У підрозділі 7.2 при виборі і розробці методик вимірювань значно розширено перелік робочих характеристик. Якщо лабораторія не впевнена в оцінці невизначеності, досить встановити впливні фактори і їх значення, при яких результат вимірювання буде достовірним.

Критерій вибору робочих характеристик методик вимірювань - задоволення вимог замовника. Замовник не буде задоволений результатом вимірювання з приписаною

невизначеністю, поки він не буде знати при якому значенні невизначеності отриманий результат вимірювання буде йому прийнятний. Отже повинна бути відома, яка задовольняє замовника, максимальна допустима невизначеність і методика, за якою встановлюється значення невизначеності результату, для порівняння отриманої невизначеності в лабораторії з максимальною допустимою невизначеністю.

Висновки

Проведено аналіз концепції невизначеності вимірювань як наукової теорії і показано неоднозначність її здійснення для прикладної метрології, застосовуючи у різних лабораторіях. Показано, що для реалізації концепції оцінювання невизначеності вимірювань необхідно усунути наявні недоліки, розробити методики і навчити персонал правильності їх використання. Пропонується встановити критерії вибору або встановлення максимальної допустимої невизначеності для результатів конкретних вимірів, що, в свою чергу, призводить за собою розробку критеріїв правильності її встановлення.

Список використаних джерел:

1. Vasilevskiy O. M. Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty / O. M. Vasilevskiy // *International Journal of Metrology and Quality Engineering*. – 2014. – № 5. – P. 403.
2. Методика оцінювання метрологічної надійності засобів вимірвальної техніки з урахуванням концепції невизначеності / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко, В. В. Присяжнюк, Ю. М. Костюк // *Вісник інженерної академії України*. – 2016. – № 1. – С. 217–220.
3. Боцюра О. А. Основні положення Настанови з подання невизначеності вимірювань на основі байєсівського підходу / О. А. Боцюра, П. І. Неєжмаков, І. П. Захаров // *Український метрологічний журнал*. – 2019. – № 2. – С. 3–9.
4. OIML G 19:2017 The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology. – URL : http://www.coomet.org/DB/isapi/cmt_docs/2017/12/7_HHG12.pdf/ – (Lastaccessed : 05.05.2021).
5. ISO/IEC Guide 98-1:2009 Uncertainty of measurement. Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement. – URL : https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiecguide98-1%7Bed1.0%7Den.pdf / – (Lastaccessed : 05.05.2021).
6. ISO/IEC Guide 99:2007. International vocabulary of metrology. – Basic and general concepts and associated terms. – URL : <https://docplayer.ru/54947474-Iso-iec-guide-99-2007-e-r.html/> – (Lastaccessed : 05.05.2021).
7. ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement. Part 3 : Guide to the expression of uncertainty in measurement. – URL : [https://isoiecguide98-3%7Bed1.0%7Den%20\(1\).pdf](https://isoiecguide98-3%7Bed1.0%7Den%20(1).pdf) / – (Lastaccessed : 05.05.2021).
8. EA 4/02M:2013 Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration. – URL : <https://european-accreditation.org/wpcontent/uploads/2018/10/ea-4-20-g-rev00-may-2015-rev.pdf> / – (Lastaccessed : 05.05.2021).
9. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 05.06.2014 р. № 1314-VII станом на 01.05.2021. – URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>. – (Lastaccessed : 05.05.2021).
10. OIML D 8:2008 Метрологія. Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання та документація. – URL : <http://D008-e04.pdf>. – (Lastaccessed : 05.05.2021).
11. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. – URL : <https://www.iso.org/ru/standard/66912.html>. – (Lastaccessed : 05.05.2021).

References:

1. Vasilevskiy, OM 2014, ‘Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty’, *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, no. 5, pp. 403.

2. Vasilevskiy, OM, Ihnatenko, OH, Prsyazhniuk, VV & Kostiuk, YuM 2016, 'Metodyka otsiniuvannya metrolohichnoi nadiinosti zasobiv vymiriivalnoi tekhniki z urakhuvanniam kontseptsii nevyznachenosti', *Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy*, no. 1, pp. 217-220.
3. Botsiura, O, Zakharov, I & Neyezhmakov, P 2019, 'Osnovni polozhennia Nastanovy z podannia nevyznachenosti vymiriuvan na osnovi baiiesivskoho pidkhodu', *Ukrainskyi metrolohichnyi zhurnal*, no. 2, pp. 3-9.
4. International organization of legal metrology 2017, *OIML G 19:2017: The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology*, viewed 5 May 2021, <https://www.oiml.org/en/files/pdf_g/g019-e17.pdf>..
5. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission 2009, *ISO/IEC Guide 98-1:2009: Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement*, viewed 5 May 2021, <https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiecguide98-1%7Bed1.0%7Den.pdf>.
6. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission 2007, *ISO/IEC Guide 99:2007: International vocabulary of metrology. – Basic and general concepts and associated terms*, viewed 5 May 2021, <<https://docplayer.ru/54947474-Iso-iec-guide-99-2007- e-r.html>>.
7. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission 2008, *ISO/IEC Guide 98-3:2008: Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement*, viewed 5 May 2021, <[https://isoiecguide98-3%7Bed1.0%7Den%20\(1\).pdf](https://isoiecguide98-3%7Bed1.0%7Den%20(1).pdf)>.
8. European Accreditation Laboratory Committee 2014, *EA 4/02M:2013: Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration* viewed 5 May 2021, <<https://european-accreditation.org/wpcontent/uploads/2018/10/ea-4-20-g-rev00-may-2015- rev.pdf>>..
9. Verkhovna Rada of Ukraine 2014, *1314-VII: Zakon Ukrayiny. Pro metrolohiyu ta metrolohichnu diyalnist* [1314-VII Law of Ukraine. About metrology and metrological activity], viewed 5 May 2021, <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>>.
10. State Enterprise Ukrainian State Research and Production Center of Standardization, Metrology, Certification and Consumer Protection 2008, *DSTU OIML D 8:2008 Metrolohiya. Etalony. Vybir, vyznannya, zastosuvannya, zberihannya ta dokumentatsiya*, [OIML D 8:2008 Measurement standards — Choice, recognition, use, conservation and documentation], viewed 5 May 2021, <http://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTY1/dsty_oiml_d_8-2008.pdf>.
11. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission 2017, *ISO/IEC 17025:2017: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*, viewed 5 May 2021, <<https://www.iso.org/ru/standard/66912.html>>.

Стаття надійшла до редакції 28 травня 2021 року