

**Топчій Н.В.**

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України

**ПРОБЛЕМА ВПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В МЕТОДИ КОНТРОЛЮ**

*Станом на сьогодні концепція невизначеності вимірювань прийнята міжнародними метрологічними і випробувальними організаціями. Невизначеність вимірювань – параметр, який відноситься до результатів вимірювання і характеризує розкид значень, які можна обґрунтовано приписати вимірюваній величині. Загальні правила оцінювання і вираження невизначеності вимірювань встановлює ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018. Оскільки при виконанні вимірювань і випробувань в різних галузях діють свої специфічні вимоги (особливості) випробувальні і калібрувальні лабораторії (акредитовані в національній системі) повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019, в якому згідно п. 7.6 «лабораторії випробувальні/калібрувальні повинні оцінювати невизначеність вимірювань». Слід звернути увагу, що вищевказаний стандарт застосовується не тільки з метою акредитації випробувальних лабораторій національними агентствами з акредитації, а, і для організації роботи в самій лабораторії. Тому на міжнародному рівні випробувальні лабораторії часто декларують відповідність вимогам цього стандарту і на практиці дійсно постійно виконують його вказівки з метою підтвердження якості виконання вимірювань/випробувань у лабораторії [7].*

*Стаття присвячена обґрунтуванню необхідності оцінювання невизначеності вимірювання при контролюванні якості продукції. Встановлено паралель між «похибкою вимірювання» і «невизначеністю вимірювання». Проведено аналіз нормативних документів на методи контролю і показано наявність або відсутність в цих документах методика оцінювання невизначеності. Окреслено необхідність розробки методика вимірювання із урахуванням вимог ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 на прикладі визначення твердості металів за методом Брінелля.*

**Ключові слова:** невизначеність вимірювань, похибка вимірювань, оцінювання невизначеності, засоби вимірювальної техніки, методика вимірювання.

**Постановка проблеми.** В умовах сьогодення вираження результатів вимірювань і контролю з урахуванням невизначеності стало нормою на міжнародному рівні. Відомо, що результат будь-яких вимірювань є тільки апроксимацією або оцінкою значень вимірюваної величини і не може бути істинним без визначення невизначеності. Всі вимірювання недосконалі і мають багато потенційних джерел і варіацій. Саме оцінка невизначеності надає інтервал значень, в якому істинне значення, як вважають, визначене, із вказаною вірогідністю, а отже і є кількісним показником надійності вимірювань. Тому виникає актуальна проблема впровадження всеосяжної концепції невизначеності вимірювань при контролі якості продукції та матеріалів в основі оцінювання якої лежать фундаментальні твердження теоретичної метрології, які полягають в поетапному сходженні від абстрактного до конкретного.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У останні роки в теоретичній та практичній метрології виникають зміни, які пов'язані із

введенням поняття «невизначеність» для оцінювання достовірності результатів вимірювань та засобів вимірювальної техніки на міжнародному рівні. Цими питаннями займалися і займаються вітчизняні вчені І.П. Захаров, Д.М. Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько, які розглядають теорію невизначеності вимірювання у відповідності з вимогами «Керівництва з оцінки невизначеності», необхідними поясненнями, математичними викладами [2, 3]. А. Коцюба підходить до цієї проблеми з точки зору фізичних явищ і пропонує не проводити повну ідентифікацію усіх помітних джерел невизначеності, що значно спрощує обчислення кінцевого результату, тобто розширеної невизначеності [4]. На жаль, концепція невизначеності має досить повільне впровадження у метрологічну практику, тому що при проведенні деяких метрологічних робіт зберігається використання поняття «похибка». І.Ф. Василенко стверджує, що така подвійність оцінки гальмує впровадження концепції невизначеності і розтлумачує

розуміння різниці в поняттях похибки та невизначеності [6].

**Постановка завдання.** У 2003 році Україна приєдналася до «Угоди про взаємне визнання національних еталонів і сертифікатів калібрування та вимірювання, які видаються національними метрологічними організаціями (CIPM MRA)», що зумовило перехід до нової системи забезпечення єдності вимірювання. Без оцінки невизначеності неможливо порівнювати результати вимірювань, а отже і приймати рішення щодо ствердження того, що вимірювана вами продукція (деталь, матеріал або речовина) знаходиться в межах допуску [12].

Метою статті є особливості переходу до вимірювань в концепції невизначеності та обґрунтування необхідності розробки методики оцінювання невизначеності вимірювання у кожному конкретному випадку.

**Виклад основного матеріалу.** Проблема забезпечення точності вимірювань, контролю і випробувань існувала завжди. Необхідно відмітити, що у 1978 році була створена робоча група в Міжнародному бюро мір і ваг для вироблення позиції рішення питань щодо неузгодженості результатів вимірювань в різних країнах [1]. За результатами роботи цієї групи була розроблена Рекомендація INC-1 (1980 р.) «Вираження експериментальних невизначеностей» основною ідеєю якої була відмова від поняття «похибка». А згодом, у 1993 році рядом міжнародних організацій було розроблено «Керівництво з оцінки невизначеності» (GUM) ДСТУ РМГ 43:2006 [11], застосування якого відразу ж після видання отримало статус неформального міжнародного стандарту і внесло узгодженість в оцінювання точності результатів у вигляді концепції «невизначеності вимірювань». У нас в країні концепція невизначеності впроваджується недостатніми темпами в усіх галузях промисловості, незважаючи на існування ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 [8]. На жаль у багатьох організаціях продовжує використовуватись концепція «похибки вимірювання». Для розуміння необхідно провести паралель між «невизначеністю» та «похибкою». Обидві концепції мають загальну мету – кількісно охарактеризувати результат вимірювання з точки зору його точності. В обох концепціях простежується єдина схема оцінки характеристик «похибки» і «невизначеності» вимірювання, а саме: аналіз вимірювальної задачі і рівняння вимірювання; виявлення усіх джерел «похибок» («невизначеності») результату вимірювання; введення

поправок на всі відомі систематичні ефекти; оцінювання характеристик складових і нарешті підрахунок результату вимірювання (розширена невизначеність).

В «Керівництві з оцінки невизначеності» замість поняття «похибка» вводиться поняття «невизначеність» вимірювання і трактується у двох сенсах:

- в широкому сенсі як «сумнів» відносно достовірності результату вимірювання (наприклад сумнів в тому, наскільки точно після внесення усіх поправок результат вимірювання представляє значення вимірюваної величини);

- у вузькому сенсі невизначеність вимірювання розуміється як параметр, пов'язаний з результатом вимірювання, котрий характеризує розкид значень, які можуть бути обґрунтовано приписані вимірюваній величині.

В концепції невизначеності цей параметр розуміється саме у вузькому сенсі і несе відомості щодо:

- забезпечення повної інформації про те, як скласти звіти, що стосуються невизначеності вимірювання;

- надання підстави для міжнародного зіставлення результатів вимірювання;

- надання універсального методу для вираження і оцінювання невизначеності вимірювання застосовного до усіх видів вимірювання і до усіх типів даних, які при цьому використовуються.

Стандарт РМГ 43:2006 [11] розкриває відповідність між формами надання результатів вимірювання з використанням «похибки» і «невизначеності» вимірювання і рекомендує виражати характеристики точності вимірювань в показниках невизначеності, а не в показниках похибки, прийнятій у вітчизняній метрологічній практиці.

Причин введення концепції невизначеності вимірювання досить багато, основні з них наступні:

- поява нових (нетрадиційних) областей вимірювання (психологія, соціологія, медицина, тощо), де постулати традиційної метрології (фізична величина, одиниці вимірювання, міра, еталон, «похибка») не працюють;

- вплив нових наукових напрямків кібернетичного характеру (кібернетика, теорія інформації, математична статистика та ін.);

- відхід від поняття істинного значення вимірюваної величини як невідомої, через що поняття «похибка» втрачає сенс і її неможливо обчислювати, так як вона містить нікому не відоме справжнє значення;

– роздільна оцінка систематичних і випадкових «похибок» і використання для них різних характеристик (довірчий інтервал або середньо-квадратичне відхилення).

Окрім того, застосування обох характеристик «похибок» (точкових та інтервальних) при визначенні результатів незручне, особливо при його подальшому застосуванні.

З метою впровадження концепції невизначеності вимірювання при контролі якості проаналізовано нормативні документи (НД) на методи контролю і випробувань металевих матеріалів і на вимоги до точності вимірювання, а саме: похибки; метрологічної простежуваності;

відтворюваності, невизначеності. Результат аналізу показав, що у більшості діючих НД не прописані вимоги та методики оцінювання невизначеності вимірювання. Фрагмент аналізу НД приведений в таблиці 1.

Необхідно зауважити, що будь-які методи та методики вимірювання повинні включати вимоги до точності вимірювання або процедури контролю точності результатів.

Процес оцінювання невизначеності вимірювання складається з наступних етапів:

– *формування виміральної задачі*, яка включає: завдання вимірюваної величини  $y$ ; визначення вхідних величин, які впливають на

Таблиця 1

№пп	ДСТУ	Назва ДСТУ	Вимоги до точності вимірювання			
			Похибка методу	Метрологічна простежуваність	Відтворюваність	Невизначеність
5.	ДСТУ ISO 6507-1:2007	Матеріали металеві. Визначення твердості за Віккерсом. Частина 1. Метод випробування (ISO 6507-1:2005, IDT)	+	-	-	-
6.	ДСТУ ISO 6508-1:2013	Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 1. Метод випробування (шкали А, В, С, D, E, F, G, H, K, N, T) (ISO 6508-1:2005, IDT)	+	-	-	-
7.	ДСТУ 8966:2019	Сталь. Металографічні методи визначення неметалевих включень- Вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 1778-70)	-	-	-	-
8.	ДСТУ 8967:2019	Сталь. Методи визначення глибини знеуглецьованого шару	-	-	-	-
9.	ДСТУ 8968:2019	Прокат з конструкційної сталі високої оброблюваності різанням. Технічні умови-	-	-	-	-
10.	ДСТУ 8969:2019	Прокат тонколистовий зі сталі підвищеної міцності. Технічні умови.	-	-	-	-
11.	ДСТУ 8970:2019	Стрічка різана з холоднокатаного прокату. Технічні умови.	-	-	-	-
12.	ДСТУ 8971:2019	Прокат листовий холоднокатаний. Основні параметри і розміри.	-	-	-	-
13.	ДСТУ 8972:2019	Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна.	-	-	-	-
14.	ДСТУ 8974:2019	Сталь. Металографічний метод оцінювання мікроструктури листів та стрічки.	-	-	-	-
15.	ДСТУ 8975:2019	Сталь. Методи випробування та оцінювання макроструктури	-	-	-	-
16.	ДСТУ ISO/TS 21749:2013	Невизначеність вимірювання в метрологічній практиці. Повторні вимірювання та ієрархічні експерименти (ISO/TS 21749:2005, IDT)	-	+	+	+
17.	ДСТУ ISO 10012:2005	Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірального обладнання	-	+	+	+
18.	ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019	Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій	-	+	+	+

величину  $y$ ; створення моделі вимірювання; визначення розподілу ймовірностей вхідних величин;

– визначення джерел невизначеності, яке включає необхідність розгляду моделі вимірювання, та усіх параметрів, які входять в цю модель [2]. Також джерелами невизначеності можуть бути величини, які у явному вигляді не входять до моделі вимірювання, але впливають на результат (температура, вібрація, клас точності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), тощо).

Спосіб оцінювання невизначеності для отримання значення оцінки вихідної величини  $y$  і стандартної невизначеності  $u(y)$  полягає в наступному:

- визначення значень оцінок  $x_i$  вхідних величин  $X_i$ ;
- визначення стандартних невизначеностей вхідних величин  $u(x_i)$ ;
- визначення коефіцієнтів чутливості (впливу)  $c_i$ ;
- визначення сумарної невизначеності;
- визначення розширеної невизначеності.

Розглянемо процес оцінювання невизначеності вимірювання на прикладі визначення твердості методом Брінелля на твердомірі NOVOTEST ТС-Б-Ц2. Твердість по Брінеллю обчислюють за формулою (1):

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

де  $F$  – прикладена сила Н;  $D$  – діаметр кульки, мм;  $d$  – діаметр відбитка, мм.

Для виявлення додаткових джерел невизначеності розглянемо вимоги до виконання вимірювань згідно метрологічних і технічних характеристик використовуваного твердоміра. Однією з основних вимог є проведення вимірювання при температурі  $20_{-10}^{+15}$  °С і відсутність вібрації [10]. Отже джерелами невизначеності у нашому випадку є: прикладена сила натискання  $F$ , діаметри кульки та відбитку  $D$  та  $d$ , відхилення температури, наявність вібрації, похибка ЗВТ (твердоміра і мікроскопа).

Наступним етапом оцінювання є визначення стандартної невизначеності вхідних величин. Границя допустимої відносної похибки навантаження вказана в паспорті твердоміра NOVOTEST ТС-Б-Ц2 та складає  $\pm 1,0\%$  від навантаження (будь-яка додаткова інформація відсутня). Як правило, оцінювання стандартної невизначеності зводиться до застосування апріорного закону розподілу. Тому використовуємо нормальний (рівномірний) розподіл і визначаємо стандартну невизначеність по типу  $B$ . В разі нормального розподілу стандартна невизначеність визначається за формулою (2)

$$u(F) = u(x_1) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

де  $a$  – 1/2 ширини довірчого інтервалу, яка у нашому випадку дорівнює значенню абсолютної похибки навантажень.

При навантаженні 3000Н абсолютна похибка навантажень складає 30Н. Відповідно, стандартна невизначеність навантаження дорівнює:

$$u(F) = u(x_1) = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17,3205$$

Границі допустимих відхилень кульки від номінальних значень також вказані в паспорті на твердомір (в описанні типу приладу). Відповідно, також застосовуємо рівномірний розподіл і обчислюємо стандартну невизначеність відхилення кульки від номінальної за формулою (2), де в якості 1/2 ширини довірчого інтервалу  $a$  приймаємо граничне відхилення кульки від номінального значення. При застосуванні кульки діаметром 10 мм з граничним відхиленням  $\pm 0,005$  мм, стандартна невизначеність складає

$$u(D) = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,0028.$$

Діаметр відбитка  $d$  вимірюють не менше трьох разів за допомогою мікроскопа з граничною похибкою  $\pm 5\%$  (при застосуванні кульок діаметром 1,0; 2,0; 2,5 мм) і  $\pm 0,25\%$  (при застосуванні кульок діаметром 5,0 і 10,0 мм) від діаметра кульки [8].

У випадку, якщо є масив експериментальних даних стандартну невизначеність визначаємо по типу  $A$ , тобто стандартна невизначеність вимірювання діаметра відбитка визначається за відомою формулою (3):

$$u(d) = u(x_3) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} \quad (3)$$

В ході експерименту нами були отримані наступні дані вимірювання відбитка: (4,08; 4,12; 4,12; 4,12; 4,125) мм, середнє значення яких дорівнює

$\bar{d} = 4,113$ . В результаті підрахунку отримано:  $u(d) = 0,0083$

$$HB = \frac{2 \cdot 3000}{3,14 \cdot 10(10 - \sqrt{10^2 - 4,11^2})} = 215,9128$$

В разі багаторазового вимірювання відбитка стандартна невизначеність обумовлена похибкою відлікового мікроскопа по Брінеллю не враховується, так як вона увійшла в стандартну невизначеність типу *A*. Якщо вимірювання проводяться в нормальних умовах і за відсутністю вібрації, то стандартні невизначеності, які виникають внаслідок відхилення температури від номінального значення і наявності вібрації не обчислюються. В разі відхиленнь умов проведення вимірювань від номінальних необхідно провести додаткові дослідження із урахуванням температури та наявності вібрації.

Для визначення сумарної невизначеності враховують наявність кореляційного зв'язку між вхідними величинами, у нашому випадку існує кореляційний зв'язок між силою *F* і діаметром відбитка *d*.

Сумарна стандартна невизначеність визначається за формулою (4)

$$u_c^2(HB) = \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N C_F c_d u(x_F) u(x_d) r(x_d, x_F) \quad (4)$$

де  $u(x_i)$  – стандартна невизначеність від *i*-ї вхідної величини;  $r(x_d, x_F)$  – ступінь кореляції між  $x_d$  і  $x_F$ ;  $c_F$  і  $c_d$  – коефіцієнти чутливості; *N* – кількість вхідних величин.

Коефіцієнти чутливості, які визначаються як  $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ , показують як змінюється вхідна оцінка через зміну вхідних оцінок  $x_1, \dots, x_N$  і дорівнюють:

$$C_F = \frac{\partial \left( \frac{2 \cdot F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right)}{\partial F} = \frac{2}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

$$C_D = \frac{\partial \left( \frac{2 \cdot F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right)}{\partial D} = \frac{2F}{3,14 D^2 \sqrt{D^2 - d^2}},$$

$$C_d = \frac{\partial \left( \frac{2 \cdot F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right)}{\partial d} = \frac{-2Fd}{3,14 D(D - \sqrt{(D^2 - d^2)^2 \sqrt{D^2 - d^2}})}$$

При обчисленні коефіцієнтів чутливості в якості *d* приймаємо середнє значення  $\bar{d} = 4,113$ , яке було розраховано раніше. В результаті обчислення отримуємо:  $C_F = 0,0719$ ,  $C_D = 2,0963$ ,  $C_d = -110,0873$ . Ступінь кореляції між  $x_d$  та  $x_F$  характеризується оцінкою кореляції і визначається як:

$$r(x_d, x_F) = \frac{u(x_d x_F)}{u(x_d) u(x_F)} \quad (5)$$

Оцінку коваріації (міри спільної мінливості двох випадкових змінних) вхідних *d* і *F* з оцінками  $\bar{d}$  і  $\bar{F}$ , отриманими повторними спостереженнями розраховуємо за формулою (6):

$$u(x_d, x_F) = S(\bar{d}, \bar{F}), \quad (6)$$

де  $s(\bar{d}, \bar{F})$  знаходимо за формулою (7)

$$S(\bar{d}, \bar{F}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (d_k - \bar{d})(F_k - \bar{F}) \quad (7)$$

де  $d_k$  і  $F_k$  – результати вимірювання величин *d* і *F* відповідно, а  $\bar{d}$  і  $\bar{F}$  їх середнє значення.

В нашому випадку, при обчисленні  $S(\bar{d}, \bar{F})$  за різницю  $(F_k - \bar{F})$  приймаємо абсолютну похибку прикладених навантажень, тобто 30Н.

Отримуємо:  $u(x_d, x_F) = s(\bar{d}, \bar{F}) = 2,6645 \cdot 10^{-15}$ ,

$$r(x_d, x_F) = \frac{2,6645 \cdot 10^{-15}}{0,0083 \cdot 17,3205} = 1,8519 \cdot 10^{-14}.$$

Отже сумарна стандартна невизначеність при визначенні твердості з навантаженням 3000Н, кулькою діаметром 10 мм за методом Брінелля складає:

$$u_c^2(HB) = C_F^2 u^2(F) + C_D^2 u^2(D) + C_d^2 u^2(d) + 2 c_F c_d u(x_F) u(x_d) r(x_d, x_F) = 2,4788,$$

відповідно:

$$u_c(HB) = \sqrt{2,4788} = 1,57$$

Розширена невизначеність вимірювання визначається за формулою (8):

$$U = k \cdot u_c, \quad (8)$$

де *k* – коефіцієнт охоплення.

Коефіцієнт охоплення знаходять як коефіцієнт Стьюдента [2], з рівнем довіри, який приблизно дорівнює 95% при допустимому нормальному розподілі. В границях  $v_{eff} = \infty$ ,  $k = 2$ . Тому  $U = 3,14$ . Результат вимірювання буде дорівнювати  $215,9128 \pm 3,14$  при довірчій вірогідності  $P = 0,95$ .

Таким чином невизначеність вимірювання при визначенні твердості металу по Брінеллю твердоміра NOVOTEST ТС-Б-Ц2 при навантаженні 3000Н і діаметрі індентора 10 мм складає 3,13.

**Висновки.** Отже питання, які пов'язані з визначенням видів та методів оцінювання результатів вимірювання засобами вимірювальної техніки, відносяться до важливих науково-технічних задач, які є актуальними при гармонізації вітчизняних нормативних документів в галузі метрології та метрологічного забезпечення. Вищезазначене оцінювання невизначеності вимірювання при визначенні твердості металу за методом Брінелля показує, що існу-

ючі алгоритми такого оцінювання є складним і трудомістким процесом. Вони передбачають виявлення джерел невизначеності, наявності кореляційної залежності між вхідним і вихідними величинами, визначення законів розподілу вхідних величин, коефіцієнтів чутливості, стандартної, сумарної та розширеної невизначеностей. В деяких випадках можуть виникати задачі дослідження стандартних невизначеностей від впливу додаткових факторів [5]. Відповідно, існує актуальна задача розробки методик оцінювання невизначеності вимірювань при контролі якості продукції і внесення процедури оцінювання невизначеності вимірювання в нормативні документи на методи контролю.

### Список літератури:

1. Міжнародне бюро мір і ваг / Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. С. 291. ISBN 966-613-263-X.
2. Захаров І.П. Теорія невизначеності у вимірюваннях – Харків: Консум, 2002.
3. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В. Основи метрології та засобів вимірювання. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017.
4. Коцюба А.М. Оцінювання невизначеності вимірювання за результатами контрольних вимірювань з використанням стандартних зразків. URL: <https://surl.li/techbu> (дата звернення 04.04.2025).
5. Оцінювання невизначеності вимірювання твердості ...Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка. URL: <https://journals.nupp.edu.ua/article/download> (дата звернення 04.04.2025).
6. Василенко І.Ф. Вплив концепції невизначеності вимірювань на метрологічну діяльність Центральноукраїнський національний технічний університет. URL: <https://surl.cc/fzcbllh> (дата звернення 24.04.2025).
7. Аналіз вимог. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Вимоги до методик вимірювання та випробування. URL: <https://www.ipkm.org.ua/analiz-vimog-2-dstu-iso-iec-1> (дата звернення 15.04.2025).
8. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні.
9. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
10. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.
11. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування. Посібники з вираження невизначеності вимірювань (РМГ 43-2001, IDT).
12. Інформація про участь у міжнародних, європейських та регіональних організацій з метрології стандартизації, сертифікації. Міністерство економіки України. URL: <https://me.gov.ua> > file (дата звернення 24.04.2025).

### **Topchii N.V. IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF MEASUREMENT UNCERTAINTY INTO CONTROL METHODS**

*Nowadays, the concept of measurement uncertainty has been adopted by international metrological and testing organizations. Uncertainty of measurement is a parameter that relates to measurement results and characterizes the spread of values that can be reasonably attributed to the measured quantity. General rules for the evaluation and expression of measurement uncertainty are established by DSTU ISO/IEC Guide 98-3:2018. Since different industries have their own specific requirements (features) when performing measurements and tests, testing and calibration laboratories (accredited in the national system) must comply with the requirements of the DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 standard. General rules for the evaluation and expression of measurement uncertainty are established by DSTU ISO/IEC Guide 98-3:2018. Since different industries have their own specific requirements (features) when performing measurements and tests, testing and calibration laboratories (accredited in the national system) must comply with the requirements of the*

*DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 standard. Therefore, at the international level, testing laboratories often declare compliance with the requirements of this standard and in practice, they actually constantly follow its instructions in order to confirm the quality of measurements/tests performed in the laboratory. The article is devoted to the justification of the need to estimate measurement uncertainty when controlling product quality. A parallel is established between “measurement error” and “measurement uncertainty”. An analysis of regulatory documents on control methods is carried out and the presence or absence of uncertainty estimation methods in these documents is shown. The need to develop a measurement methodology taking into account the requirements of DSTU ISO/IEC Guide 98-3:2018 is outlined using the example of determining the hardness of metals using the Brunel method.*

**Key words:** *measurement uncertainty, measurement error, uncertainty assessment, measuring equipment, measurement methodology.*