Кузьменко Т.М.Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ ТОЧНОЇ МЕХАНІКИ У ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

Прискорений темп розвитку метрології зумовив новий світогляд щодо засобів вимірювання та процесу контролю геометричних розмірів. Випробувальні лабораторії, оснащені засобами вимірювальної техніки, стурбовані питанням запобігання отриманню недостовірних результатів при постачанні продукції, пов'язаної з вимірюванням. Тобто обладнання, яке застосовується при вимірюванні геометричних (лінійних) розмірів, повинно забезпечувати точність вимірювання (невизначеність вимірювання).

Важливим моментом є те, що при постачанні продукції та наданні послуг необхідно надавати звіти про результати вимірювання зі встановленням їх невизначеності. Тому випробувальна лабораторія повинна мати програму (методику) вимірювання, яка, за необхідності, має переглядатися та коригуватися для підтримання довіри (впевненості) щодо забезпечення невизначеності вимірювань [8, с. 13]. Оскільки перехід від похибок до невизначеності полягає не тільки в заміні відповідних термінів, а й потребує системних заходів у метрологічному забезпеченні, достовірність складання звітних даних є основним важливим фактором виконання вимірювальних робіт.

Отже, питання, які пов'язані з визначенням видів і методів оцінювання результатів вимірювання засобами вимірювальної техніки, відносяться до важливих науково-технічних задач, які є актуальними при гармонізації вітчизняних нормативних документів у галузі метрології та метрологічного забезпечення. На підставі низки досліджень, виконаних трьома операторами лабораторії, обґрунтована необхідність проведення аналізу існуючих видів і методів обчислення невизначеності та похибок вимірювання, яка висуває вимоги щодо розробки своїх кваліфікаційних процедур оцінки невизначеності вимірювань. Тому розгляд та аналіз невизначеності у лабораторіях не є новим питанням і потребує подальших удосконалень.

Ключові слова: похибка, невизначеність, засоби вимірювальної техніки, методика вимірювання, результат вимірювання.

Постановка проблеми. Згідно існуючого ДСТУ ISO/IES 17025:2017 [8], випробувальні лабораторії повинні періодично проходити процедури оцінювання невизначеності вимірювання, тобто оцінювати, наскільки точні результати отриманих вимірювань. Існуючі алгоритми такого оцінювання є складним і трудомістким процесом, тому що складники вхідних величин групують у відповідності зі способом їх оцінювання, а при обчисленні невизначеності застосовується теорія статистичної математики.

Лабораторія повинна проводити верифікацію (чи відповідає обладнання визначеним вимогам), а для цього необхідні періодичні перевірки для підтримання довіри (впевненості) до працездатності обладнання відповідно до процедури [8, с. 13–14]. Якщо врахувати, що в штаті випробувальних лабораторій найчастіше відсутні спеціалісти з метрології, доводиться використовувати фахів-

ців з інших підрозділів або і з інших організацій, що створює певні незручності. Тому для випробувальних лабораторій необхідно розробляти свої кваліфікаційні процедури оцінки невизначеності вимірювань.

Постановка завдання. Методика виконання вимірювань – це сукупність операцій і правил, які необхідно виконувати для забезпечення одержання результатів вимірювань з відомою похибкою. Згідно з вимогами ДСТУ ISO/IES 17025:2017, лабораторія, що отримує продукцію та надає послуги, пов'язані з вимірюванням, повинна оцінювати невизначеність вимірювання [8, с. 21]. Алгоритм такого оцінювання відомий і регламентований в існуючих документах [5, с. 101: 6], але ця задача не є простою, оскільки потребує певних знань і досвіду в області метрології. Тому метою цієї статті є розроблення спрощеного алгоритму оцінювання невизначеності

вимірювання лінійних розмірів деталей точної механіки на підставі результатів внутрішньо лабораторного контролю (враховуючи специфіку випробувальної лабораторії).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі роботи, пов'язаної з аналізом оцінювання невизначеності вимірювань, розглядалася велика кількість наукових досліджень і теорії в області метрології [1; 2; 9]. Проаналізувавши розглянутий матеріал, можна зробити висновок, що в авторів різні погляди на цю проблему. Наприклад, І. Захаров, Д. Нестерчук, С. Квітка, С. Галько розглядають це питання з точки зору статистичної математики зі складними математичними обчисленнями з урахуванням похибок усіх джерел невизначеності вимірювань. Тоді як 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. В результаті опрацювання нормативної документації та проаналізувавши сучасні наукові досягнення, запропоновано спрощений алгоритм обчислення (визначення) розширеної невизначеності геометричних розмірів, який детально описаний і представлений у цій статті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перш ніж перейти до розгляду оцінки невизначеності вимірювання у випробувальній лабораторії, слід уточнити визначення основних понять у сфері ідентифікації вимірювання, похибок і невизначеності.

Вимірювання – це багатогранний процес, який можна розглядати як технічну процедуру вимірювання та отримання вимірювальної інформації. Ціллю вимірювань є отримання оцінки істинного значення вимірюваної величини. При цьому відбувається постійне уточнення отриманої вимірювальної інформації, вивільнення її від супутніх похибок і наближення до абсолютної істини.

Оцінка невизначеності вимірювання засобів вимірювальної техніки є однією з найважливіших задач випробувальних лабораторій, яка *обов'язково проводиться після ремонту та періодично – під час експлуатації*. Для описання точ-

ності вимірювань тривалий час використовували поняття «похибки вимірювань» як різниці між результатом вимірювань та істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини. Але виникла необхідність розробки нової концепції оцінки точності результатів вимірювань, яка була викликана відсутністю міжнародної єдності в цих питаннях.

Розробку концепції здійснювала низка міжнародних організацій. У 1993 році вони опублікували документ «Керівництво з оцінки невизначеності» (GUM) [4], який відразу ж після видання отримав статус неформального міжнародного стандарту. «Керівництво з оцінки невизначеності» внесло узгодженість в оцінювання точності результатів вимірювань у вигляді концепції невизначеності вимірювань. Отже, концепція «невизначеності» є єдиною визнаною на міжнародному рівні мірою оцінки точності, використовується в широкому спектрі вимірювань і є мірою знань щодо фізичної величини після вимірювань; якості вимірювань з точки зору точності; надійності результату вимірювання.

Обов'язковими компонентами будь-якого вимірювання є *метод (спосіб) вимірювання та засіб вимірювання, а якість вимірювання характеризується похибкою – відхиленням результату вимірювань від дійсного значення вимірюваної величини*. Тобто похибка характеризує точність вимірювань і відображає близькість отриманих результатів до дійсного значення вимірюваної величини. Якщо говорити про оцінювання похибки в метрологічній практиці, то мається на увазі оцінювання її характеристик по схемі, яка представлена на рисунку 1.

У «Керівництві з оцінки невизначеності» (GUM) [4] вводять поняття «*невизначеності вимірювань*», яке розуміють як неповне визначення значення вимірюваної величини і для кількісного виразу цієї неповноти вводять розподіл вірогідності можливих значень вимірюваної величини. Таким чином параметр цього розподілу (невизначеність) кількісно характеризує точність результатів вимірювань [4] (ДСТУ РМГ 43:2006. Застосування «Керівництва з оцінки невизначеності»).

При оцінюванні характеристики похибок та обчисленні невизначеності вимірювань має

Рис. 1

місце аналіз рівняння вимірювань; виявлення усіх джерел похибок (невизначеності) вимірювань та їх кількісне оцінювання; введення поправок на систематичні похибки, які можна виключити [1]. Методи обчислення невизначеності, так само як і методи оцінювання характеристик похибок, запозичені з математичної статистики, однак при цьому використовуються різні інтерпретації закону розподілу ймовірності випадкових величин.

Розглянемо характеристики похибок. За характером вияву виділяють грубі, систематичні та випадкові похибки [3].

Грубою похибкою вимірювань (промахом) є похибка вимірювання, що значно перевищує очікувану (помилка або неправильні дії оператора).

Систематична похибка – це похибка вимірювання, визначена обчисленням і введенням поправок або ж систематичною похибкою, на дію якої поправка не введена (похибка калібрування).

У групу систематичних похибок можна віднести такі:

1) інструментальна похибка вимірювання – це складник похибки вимірювання, яка зумовлена недосконалістю засобу вимірювальної техніки (далі – ЗВТ), який застосовується при вимірюванні, тобто реальна функція перетворення ЗВТ відрізняється від його калібрувальної залежності;

2) похибка, зумовлена неправильним встановленням та експлуатуванням;

3) похибки, що виникають внаслідок дії зовнішніх факторів;

4) методична похибка вимірювання – це складник похибки вимірювань, що виникає через недосконалість методу вимірювань, неточності співвідношень, які використовуються для знаходження оцінки вимірюваної величини, та інші фактори, не пов'язані з властивостями ЗВТ, тобто теоретичні похибки;

5) суб'єктивна (особиста) похибка вимірювання – це складник похибки вимірювання, яка визначається діями оператора, тобто похибка відліку оператором вимірюваних величин;

6) обчислювальна похибка, яка виникає в результаті ефекту заокруглення та обчислювальних проблем розв'язування вимірювальної задачі.

Проте універсальних методів виявлення систематичних похибок не існує.

Випадкова похибка вимірювання – це складник похибки вимірювання, що змінюється випадково при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини (без будь-якої закономірності).

Усі складники невизначеності вхідних величин можна згрупувати у дві категорії відповідно до способу їх оцінювання [1, с. 256]:

– *виміряна розбіжність показників* (отримана при вимірюванні ЗВТ) – зумовлена стандартною невизначеністю типу *A*.

Примітка 1. Категорія *A* – складники, які оцінюються шляхом використання статистичних методів (тобто шляхом обробки результатів багаторазовим вимірюванням).

Складники типу *A* оцінюються як стандартні невизначеності (uA), рівні середньоквадратичним відхиленням (далі – СКВ) середніх арифметичних багаторазових спостережень. Ці складники характеризуються числами степенів свободи $\nu A = n - 1$, де n – кількість спостережень.

– *поправки на невиключені систематичні похибки* (далі – НСП) ЗВТ – зумовлені стандартною невизначеністю типу *B*.

Примітка 2. Категорія *B* – складники, які оцінюються іншим способом (по характеристиках, взятих із формуляра або паспорта, наприклад, із методик використання вимірювань, із попередніх експериментів, із довідкових джерел, через округлення результатів вимірювань, через використання констант).

Складники типу *B* (uB) оцінюються як стандартні СКВ, отримані з відомих границь, в яких можуть знаходитися значення величин, що вимірюються. Ці складники характеризуються числами степенів свободи $\nu B = \infty$.

Усі складники формують сумарну стандартну невизначеність uC , яка обчислюється за правилом складання дисперсій:

$$uC^2 = uA^2 + uB^2, \quad (1)$$

Звідси шляхом витягу квадратного кореня з обох частин рівності отримуємо вираз, який називається законом розповсюдження невизначеності:

$$uC = \sqrt{uA^2 + uB^2}, \quad (2)$$

Інтервальною оцінкою невизначеності є розширена невизначеність U , яку отримують шляхом множення стандартної сумарної невизначеності uC на коефіцієнт охоплення k : $U = k \cdot uC$ (3).

Коефіцієнт охоплення (що визначає інтервал) знаходять як коефіцієнт Стюдента [1] із рівнем довіри, який приблизно дорівнює 95% при допустимому нормальному розподілі. В границях $\nu_{eff} = \infty$, $k = 2$.

Якщо розглянути стандартну невизначеність типу *A*, то тут діє закон розподілу випадкових похибок – нормальний (гаусів). Характе-

ристикой положення такого закону розподілу є середнє арифметичне $\bar{x}$ окремих показників ЗВТ, яке приймається як результат вимірювання (якщо припустити, що систематичні похибки близькі до нуля):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_j, \quad (4)$$

Відхилення окремих показників ЗВТ $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ від середнього значення $\bar{x}$ описується характеристикою, яка має назву *дисперсія* (від англійського слова “dispersion” – «розкид», «розсіювання»):

$$D(x) = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})^2, \quad (5)$$

Для узгодження розмірності зі значення дисперсії треба витягти корінь квадратний і отримати СКВ окремих показників, тобто:

$$S(x) = \sqrt{D(x)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})^2}, \quad (6)$$

Оскільки за результат багатократних вимірювань приймають середнє арифметичне показників ЗВТ, то характеристикою розкиду $\bar{x}$ слугує не ЗВТ окремих показників $S(x)$, а СКВ середніх арифметичних цих показників $S(\bar{x})$. Це називається стандартною (середньоквадратичною) невизначеністю типу А (u_A), яка в $\sqrt{n}$ раз менше $S(x)$:

$$u_A(\bar{x}) = \frac{S(x)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_j - \bar{x})^2}, \quad (7)$$

Якщо розглянути *стандартну невизначеність типу В*, то тут діє рівно ймовірний (рівномірний) закон розподілу НСП. Для такого закону роз-

поділу СКВ НСП (невизначеність типу В) буде дорівнювати:

$$u_B = \frac{\theta}{\sqrt{3}}, \quad (8)$$

де $\pm\theta$ – відомі границі інтервалу

Примітка 3. Тут присутня систематична похибка, яка залишається постійною або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях величини Y . Така особливість систематичної похибки дозволяє оцінити її значення (в результаті проведення вимірювання) і внести поправку в результат вимірювань. Значення поправки визначається неточно, тобто у виправленому результаті вимірювань буде присутня НСП, для якої відомі границі $\pm\theta$ інтервалу, в якому невідоме значення може бути із певною вірогідністю.

Для повірених ЗВТ стандартна невизначеність типу В розраховується, з огляду на дані розширеної невідповідності U та коефіцієнта охоплення k , взятого із сертифіката про калібрування ЗВТ за формулою:

$$u_B = \frac{U}{k}, \quad (9)$$

Проведено низку досліджень (вимірювання розмірів трьома операторами) з проведенням аналізу та обчисленням розширеної невизначеності. Результати отриманих вимірювань та обчислень представлені в таблиці 1.

Проаналізувавши таблицю, можна зробити висновок, що повна ідентифікація усіх видимих джерел (класичний метод розрахунку) не є гарантією достовірного оцінювання (тобто деяка інформація щодо розрахунку джерел невизначеності відсутня).

Розглянемо запропонований *алгоритм оцінювання* невідповідності вимірювань лінійних розмірів деталей точної механіки у випробувальній лабораторії (як ЗВТ використаємо автоматизовану

Таблиця 1

№ вимірювання	Вхідні дані, виміряні операторами, мм			Номінальне значення, мм
	Оператор 1	Оператор 2	Оператор 3	
1	50,0050	49,9987	49,9995	50,00
2	49,9950	49,9997	50,0077	
3	50,0000	50,0015	50,0009	
n (кількість вимірювань)	3	3	3	
Середнє арифметичне значення, мм	50,0000	49,9966	50,0027	
*Розширена невизначеність, U , мм,	0,00624	0,00500	0,00498	
**Розширена невизначеність, U , мм,	0,00609	0,00542	0,00544	
Коефіцієнт охоплення, k	2,0	2,0	2,0	
Рівень довіри, P , %	95	95	95	

Примітка 4. *Результати, розраховані класичним методом з урахуванням усіх видимих джерел невизначеності.

**Результати, розраховані шляхом нового (спрощеного) алгоритму оцінювання

відео-вимірювальну систему). Відео-вимірювальна система – це сукупність функціонально і конструктивно об'єднаних засобів вимірювань і допоміжних пристроїв, призначена для раціональної організації вимірювання, яка також дозволяє передбачити певний метод вимірювань і заздалегідь оцінити похибку вимірювання. Використовуємо пряме вимірювання, де шукане значення величини знаходять безпосередньо із дослідних даних, тобто прямим порівнянням вимірюваної величини.

Для оцінювання невизначеності вимірювань маємо [9, с. 51]:

1) кожне вимірювання передбачає отримання n результатів спостережень (згідно з методикою, здебільшого $n=3$);

2) інформацію про стандартний зразок, який наведений у свідоцтві щодо калібрування (калібрувальний блок – плоско паралельна кінцева міра з номінальним значенням 50,00 мм), де розширена невизначеність $U = 0,002$ мм (коефіцієнт охоплення $k = 2$, що визначає інтервал із рівнем довіри, який приблизно дорівнює 95% при допустимому нормальному розподілі);

3) маємо інформацію щодо вимірювальної процедури: час вимірювання, обладнання, кліматичні умови проведення вимірювання, оператора.

Використання стандартного каліброваного зразка дозволяє вилучити більшість систематичних похибок. Розглянемо приклад розрахунку розширеної невизначеності U , використовуючи результати вимірювань першого оператора.

Починаємо розрахунок зі складання модельного рівняння, яке виражає залежність між вихідною величиною (величина, що вимірюється) Y і вхідними величинами $Y = f(X_1 + X_2 + \dots + X_m)$.

Оцінюємо вхідні величини – значення вхідних величин знаходимо шляхом багаторазового вимірювання лінійних розмірів. Знаходимо середнє арифметичне результатів низки вимірювань, використовуючи формулу (4) (шляхом триразового вимірювання фіксованого розміру 50,00 мм отримали такі результати: 50,05 мм; 49,95 мм; 50,00 мм)

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i = \frac{50,005 + 49,995 + 50,00}{3} = 50,00 \text{ (мм)}$$

Знаходимо дисперсію за формулою (5):

$$D(x) = \frac{(50,005 - 50,00)^2 + (49,995 - 50,00)^2 + \dots + (50,00 - 50,00)^2}{2} = 0,000025 \text{ (мм)}^2$$

СКВ окремих показників обчислюємо за формулою (6):

$$S(x) = \sqrt{D(x)} = 0,005 \text{ (мм)}$$

Знаходимо стандартну невизначеність типу A (u_A), використовуючи формулу (7):

$$u_A(\bar{x}) = \frac{S(x)}{\sqrt{n}} = 0,00288 \text{ (мм)}$$

Знаходимо стандартну невизначеність типу B, яка знаходиться в залежності від апріорної інформації щодо мінливості вхідної величини. Для каліброваних ЗВТ вона розраховується за формулою (9):

$$u_B = \frac{U}{k} = \frac{0,002}{2} = 0,001 \text{ (мм)}$$

Примітка 5. Числове значення розширеної невизначеності U , яке складає 0,002 мм, беремо із сертифіката щодо калібрування, де вказано, що коефіцієнт охоплення $k = 2$ для рівня довіри, $p = 0,95$.

За формулою (2) визначаємо сумарну стандартну невизначеність вимірювань, враховуючи, що всі коефіцієнти впливу дорівнюють одиниці:

$$u_c(y) = \sqrt{0,00288^2 + 0,001^2} = 0,003048 \text{ (мм)}$$

Обчислюємо розширену невизначеність U за формулою (3):

$$U = 0,00609 \text{ (мм)}$$

Розрахунки, наведені в цій роботі, є цілком виправданими, тому що контроль результатів проводився з метою забезпечення стабільності процесів вимірювання, а перевагою такого алгоритму є виключення необхідності оцінювання ідентифікації джерел невизначеності, а саме: виключення похибок у процесі вимірювання способами заміщення; усунення джерел похибок до початку вимірювань; внесення відомих поправок у результати вимірювань; оцінювання границь систематичних похибок, які не можна виключити.

Висновки. Узагальнюючи зазначене вище, можна зробити висновок, що концепція «невизначеності» стала результатом розвитку теоретичної метрології та витіснила звичну узаконену в багатьох вітчизняних нормативних документах теорію похибок.

У статті проаналізовані основні визначення теорії похибок і невизначеності. Обґрунтовано, що організація вимірювального процесу забезпечує контроль відповідності отриманих результатів вимірюваних лінійних розмірів тим вимогам, які були встановлені під час планування вимі-

рювального експерименту. Розраховані характеристики сумарної стандартної невизначеності та розширеної невизначеності, які були отримані в результаті проведення низки досліджень трьома операторами. Вважаю, що необхідні теоретичні визначення (пояснення) та показані практичні задачі роблять викладений матеріал зручним для самостійного опрацювання операторами.

Порівнюючи розрахункові дані значення невизначеності, обчислених класичним методом (з урахуванням усіх видимих джерел невизначеності) та спрощеного алгоритму оцінювання, можна зробити висновок, що спрощений алгоритм оцінювання невідповідності цілком може

бути застосований для розрахунку розширеної невизначеності геометричних (лінійних) розмірів. Запропонований алгоритм оцінювання призначений для тих, хто займається метрологією, проте не має достатньої наукової бази в області математичної статистики, але вимушений у стислі строки розібратися в основних принципах оцінювання невідповідності вимірювань.

Ця робота, на мою думку, може використовуватися як методика для апріорного оцінювання невизначеності вимірювання та для полегшення співпраці між лабораторіями й іншими організаціями, а також можливістю обміну інформацією та досвідом.

Список літератури:

1. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях. Харьков : Консум, 2002.
2. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В. Основы метрологии та засобів вимірювання. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017.
3. МИ 1317 – 2005. ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроль их параметров. М. : Изд. Стандартов.
4. ДСТУ РМГ 43:2006. Застосування «Керівництва з оцінки невизначеності».
5. Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement-Geneva :ISO, 1993. 101 p; First Edition – ISO, Switzerland, 1993. 101 p.
6. EA – 4/02 Expression of the Uncertainty in Measurement in Calibration.
7. First Edition – ISO, Switzerland, 1993.
8. ДСТУ ISO/ IES 17025:2017 Вимоги до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій.
9. Коцюба А.М. Оцінювання невизначеності вимірювання за результатами контрольних вимірювань з використанням стандартних зразків. URL: <http://www/hups/mil/gov/ua/periodic-app/article/5775/sol2007>.

Kuzmenko T.M. EVALUATION OF UNCERTAINTY OF MEASUREMENTS OF LINEAR DIMENSIONS WHEN MEASURING DETAILS OF PRECE MECHANICS IN TESTING LABORATORIES

An increasing development of metrology has led to a new point of view of measuring instruments and the process of geometric dimensions controlling. Testing laboratories which are equipped with measuring equipment are concerned about preventing inaccurate results when supplying of measurement-related products. That is, the equipment used in the measurement of geometric (linear) dimensions must ensure the accuracy of measurement (measurement uncertainty).

An important point is that when supplying products and providing services, it is necessary to provide reports on the results of measurements to establish their uncertainty. Therefore, the testing laboratory is to have a measurement program (methodology), which, if necessary, should be revised and adjusted to maintain trust (confidence) to ensure measurement uncertainty [8, p. 13]. Since the transition from errors to uncertainty is not only a replacement of the relevant terms, but also requires systematic measures in metrological support, the reliability of the reporting data is a major important factor in the performance of measurement works.

Thus, the issues related to the definition of types and methods of evaluation of measurement results by measuring equipment are important scientific and technical tasks that are topical in the alignment between local regulations in the field of metrology and metrological support. Based on a number of investigations which were performed by three laboratory operators, the necessity to analyze existing types and methods of calculating measurement uncertainty and errors is justified, which, in turn, requires the development of its own qualification procedures for estimating measurement uncertainty. Therefore, the consideration and analysis of uncertainty in laboratories is not a new issue and requires further improvement.

Key words: error, uncertainty, means of measuring equipment, measurement methodology, measurement result.