

УДК 681.21.088

DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-23-05

Кепещук Т.В.¹, Пастущин Л.Б.¹, Пташенчук В.В.²¹Державне підприємство «Івано-Франківський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» м. Івано-Франківськ, Україна²Луцький національний технічний університет

ТИПОВА МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТУ

Робота присвячена розробленню практичних рекомендацій щодо калібрування штангенінструменту, формування бюджету та оцінювання невизначеності результатів вимірювання. Основним завданням калібрувальних лабораторій є забезпечення єдності вимірювання та метрологічної простежуваності результатів вимірювання під час калібрування засобів вимірювальної техніки, що в свою чергу є неможливим без застосування методик калібрування. Відповідно до міжнародних та національних документів, що регламентують вимоги до компетентності та діяльності калібрувальних лабораторій, передбачено можливість лабораторіям розробляти власні методики калібрування. Розроблено типову методику калібрування штангенінструменту, який знаходиться в експлуатації у випробувальних та калібрувальних лабораторіях. Викладений матеріал надає практичні рекомендації щодо калібрування штангенінструменту та розробки власних методик калібрування штангенінструменту, формування бюджету та оцінювання невизначеності результатів вимірювання.

Ключові слова: *штангенінструмент, методика калібрування, невизначеність вимірювань, вимірювання, засіб вимірювальної техніки, калібрувальна лабораторія.*

Постановка проблеми. Після підписання Угоди про асоціацію з ЄС виникла потреба у гармонізації українського законодавства з європейським, у тому числі у сфері технічного регулювання. Зокрема, з 1 січня 2016 року набула чинності нова редакція Закону України «Про метрологію і метрологічну діяльність» [1]. Відповідно до вказаного Закону термін калібрувальна лабораторія визначається як: підприємство, організація або їх відокремлений підрозділ, що здійснює калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). У свою чергу термін калібрування визначається як: сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу. Даний термін гармонізований з терміном «калібрування» згідно VIM [2]. Вимоги щодо компетентності калібрувальних та випробувальних лабораторій регламентуються згідно національного стандарту ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [3], який ідентичний європейському та міжнародному документу EN ISO/IEC 17025:2107 та ISO/IEC 17025:2107. Окрім цього, акредитовані калібрувальні лабораторії при провадженні своєї діяльності також повинні керуватися наступними міжнародними документами: EA-4/02 M, ILAC-G8:09, ILAC-P10:07, ILAC-P14:09 [4, 5, 6, 7,] та документами Національного агентства з акредитації України: ЗД-08.00.09, ЗД-08.00.29, ІН-08.02.05 [8, 9, 10].

Стандарт ДСТУ EN ISO/IEC 17025 встановлює те, що калібрувальна лабораторія має використовувати прийнятні методи та процедури для всієї лабораторної діяльності. Під час калібрування засобів вимірювальної техніки застосовуються міжнародні, регіональні або національні стандарти, але у разі відсутності стандартизованих методик калібрування калібрувальна лабораторія може розробити власну нестандартизовану методику калібрування засобів вимірювальної техніки. На даний час для більшості ЗВТ, еталонів, випробувального та допоміжного обладнання відсутні методики калібрування, що встановлені у національних стандартах, тому питання щодо розроблення таких методик є досить актуальним.

Мета роботи - розроблення типової методики калібрування штангенінструменту, застосування якої дасть можливість забезпечити єдність вимірювання та метрологічну простежуваність від еталонів до робочих засобів вимірювальної техніки.

Основний текст статті. Типова методика калібрування штангенінструменту розроблена відповідно до вимог EA-4/02 M (в частині процедури оцінювання невизначеності вимірювань) та має наступну структуру: сфера застосування, компетенція, засоби калібрування, вимоги безпеки, підготовка до калібрування, опис процесу калібрування, обробка результатів вимірювання, складання бюджету та оцінювання невизначеності вимірювання, оформлення результатів калібрування, нормативні посилання, додатки.

Дана методика поширюється на штангенциркулі, штангенрейсмуси, штангенглибиноміри, які можуть бути оснащені цифровим відліковим пристроєм, круговою шкалою або ноніусом. Температура повітря в приміщенні повинна бути $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря від 40% до 85%, атмосферний тиск від 93325 Па до 103991 Па. Зміна температури не повинна перевищувати $0,5 ^\circ\text{C}$ за 1 годину. У приміщенні, де виконують калібрування штангенінструменту, не повинно бути повітряних та теплових потоків, а також вібрацій.

Під час калібрування застосовуються наступні засоби калібрування (еталонне та допоміжне обладнання): набір мір довжини кінцевих плоскопаралельних, калібрувальна/повірочна плита, лекальна лінійка, плоска скляна пластина, мікрометр гладкий, термометр лабораторний, барометр, психрометр аспіраційний.

Перед проведенням калібрування проводиться контроль умов калібрування, всі дані фіксуються в протоколі калібрування. Періодично, у процесі проведення калібрування штангенінструменту перевіряють, чи умови калібрування не виходять за встановлені межі. При проведенні калібрування штангенінструменту повинні бути дотримані загальні правила з безпеки праці. При підготовці до проведення калібрування слід дотримуватися правил пожежної безпеки, при роботі з легкозаймистими рідинами, до яких відноситься спирт, авіаційний бензин, який використовується для промивання поверхонь штангенінструменту. У приміщенні повинна бути протипожежна сигналізація і засоби для гасіння пожежі. Перед проведенням калібрування штангенінструмент, еталонне та допоміжне обладнання для калібрування повинні бути приведені в робочий стан відповідно з експлуатаційними документами і витримані протягом чотирьох годин на робочому місці. При калібруванні штангенінструмент та міри довжини кінцеві плоскопаралельні необхідно брати за допомогою рукавичок або теплоізолюваної серветки. Всі деталі штангенінструменту повинні бути розмагнічені.

При зовнішньому огляді повинно бути встановлено відповідність наступним вимогам:

- відсутність сколів, тріщин і забойів на вимірювальних поверхнях та інших дефектів, які погіршують експлуатаційні характеристики і перешкоджають відліку показів;
- відсутність перекосу краю ноніуса до штрихів шкали штанги, які перешкоджають відліку показів;

При опробуванні перевіряють:

- відсутність переміщення рамки під дією власної ваги;
- плавність переміщення рамки по штанзі штангенінструменту;
- плавність переміщення рамки по штанзі разом з мікрометричною подачею;
- можливість зажиму рамки в будь-якому положенні в межах діапазону вимірювання;
- відсутність пошкоджень на шкалі штанги при переміщенні по ній рамки.

Для штангенінструменту з цифровим відліковим пристроєм перевіряють:

- якість індикації показів - індикація повинна бути чіткою, не мати розривів і бути рівномірно заповненою;
- відсутність на дисплеї штангенінструменту дефектів, що перешкоджають чи спотворюють покази.

Працездатність кнопок управління і цифрового відлікового пристрою перевіряють відповідно до вказівок, викладених в настанові з експлуатації на штангенінструмент.

Для штангенрейсмусів правильність установки визначають по співпадінню нульових штрихів шкали штанги і ноніуса при контакті ніжки з калібрувальною/повірочною плитою або поверхнею кінцевої міри, встановленої на плиту. За необхідності проводиться повздовжнє регулювання шкали ноніуса або кругової шкали. У випадку, коли штангенрейсмус оснащений цифровим відліковим пристроєм, на індикаторі повинні відобразитися нульові покази. Для штангенглибиномірів правильність установки визначають наступним чином: вимірювальну поверхню рамки штангенглибиноміра притискають до плоскої скляної пластини, а вимірювальну поверхню штанги підводять до контакту з площиною скляної пластини, при цьому нульовий штрих ноніуса повинен збігатися з нульовим штрихом шкали штанги. Якщо штангенглибиномір оснащений цифровим відліковим пристроєм, на індикаторі повинні відобразитися нульові покази. За необхідності проводиться повздовжнє регулювання шкали ноніуса або кругової шкали. Для штангенциркулів правильність установки нульових показів визначають при зведених вимірювальних губках, при цьому контролюють співпадіння нульових штрихів шкал штанги і ноніуса. Для штангенциркулів з відліком по ноніусу зміщення

нульового штриха не допускається. При необхідності здійснюється налаштування шкали нонууса або кругової шкали.

Під час калібрування штангенінструменту визначають наступні метрологічні характеристики: відхилення від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, відхилення показів штангенінструменту, а також формують бюджет та оцінюють невизначеність результатів вимірювання.

Відхилення від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту (вимірювальних губок та торця штанги штангенциркулів, штанги і рамки штангенглибиноміра, ніжки штангенрейсмуса) визначають лекальною лінійкою. Ребро лекальної лінійки встановлюють на вимірювальну поверхню штангенінструменту. Значення зазору визначають візуально - порівнянням його зі зразком (рис. 1). Зазор між ребром лекальної лінійки і контрольованою поверхнею оцінюють візуально, порівнюючи з «зразком зазору». Для отримання «зразка зазору» до робочої поверхні плоскої скляної пластини притирають паралельно один до одного міри довжини кінцеві плоскопаралельні, різниці довжин яких відповідає значенню зазору: від 0,001мм до 0,009 мм (дві однакові кінцеві міри більшої довжини притирають по краях, а кінцеві міри меншої довжини - між ними). Тоді при накладенні ребра лекальної лінійки на кінцеві міри довжини в напрямку паралельному їх короткому ребру, отримують відповідні «зразки зазору А, Б» (рис. 1).

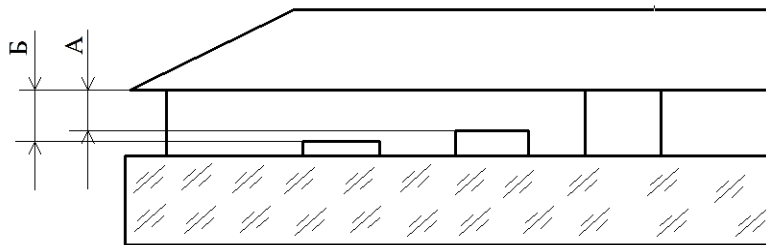


Рисунок 1 – «Зразок зазору» для вимірювання відхилення від площинності робочих поверхонь штангенінструменту

Відхилення від паралельності плоских вимірювальних поверхонь губок для вимірювання зовнішніх лінійних розмірів штангенциркулів визначають за допомогою мір довжини кінцевих плоскопаралельних. Вимірювання проводиться при двох положеннях міри довжини кінцевої плоскопаралельної в середині діапазону вимірювання штангенциркуля (рис. 2). Міру довжини кінцевої плоскопаралельну поміщають між вимірювальними поверхнями губок штангенциркуля. Зусилля має забезпечувати нормальне ковзання вимірювальних поверхонь губок по вимірювальній поверхні кінцевих мір довжини при відпущеному стопорному гвинті рамки. Довге ребро вимірювальної поверхні губки повинно бути перпендикулярно до довгого ребра кінцевої міри довжини і перебувати всередині вимірювальної поверхні. За відхилення від паралельності плоских вимірювальних поверхонь губок приймають найбільшу різницю вимірюваних відстаней при кожному положенні рухомої губки.

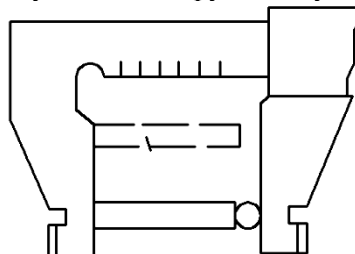


Рисунок 2 – Вимірювання відхилення від паралельності плоских вимірювальних поверхонь губок штангенциркулів

Відхилення від паралельності ніжки штангенрейсмусу та вимірювальних поверхонь губок для вимірювання внутрішніх лінійних розмірів штангенциркулем і відстань між ними визначають гладким мікрометром.

Відхилення від паралельності ніжки штангенрейсмусу визначають при вимірюванні мікрометром розміру «g» в трьох перетинах (рис. 3). За відхилення від паралельності приймають різницю між найбільшим і найменшим показами мікрометра.

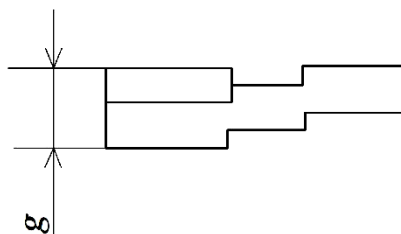


Рисунок 3 – Ніжка штангенрейсмусу

Вимірювання відхилення вимірювальних поверхонь губок для вимірювання внутрішніх лінійних розмірів штангенциркулем і відстань між ними проводять при зафіксованому стопорному гвинті рамки. Штангенциркуль встановлюють на розмір 10 мм по мірі довжини кінцевій плоскопаралельній 10 мм. Мікрометром вимірюють відстань між вимірювальними поверхнями губок в двох або трьох перетинах по довжині губок. Різниця відстаней дорівнює відхиленню від паралельності вимірювальних поверхонь.

Розмір «g» ніжки штангенрейсмусу та розмір вимірювальних губок штангенциркулів типу ШЦ-ІІ та ШЦ-ІІІ вимірюють з допомогою гладкого мікрометра. Вимірювання проводять при зафіксованому стопорному гвинті рамки. При визначенні розміру циліндричних вимірювальних поверхонь губок бічні поверхні встановлюють в одній площині.

Визначення відхилення показів штангенінструменту виконують не менше як у трьох точках рівномірно розташованих по шкалі штангенінструменту методом безпосереднього порівняння з мірами довжини кінцевими плоскопаралельними. Для виключення нагрівання мір та штангенінструменту від рук оператора необхідно уникати контакту з незахищеними руками і застосовувати бавовняну тканину чи рукавиці. На початку калібрування встановлюють на нульове положення штангенінструмент.

При відліку показів по ноніусу штангенінструменту, шкала ноніусу повинна знаходитися прямо перед очима, щоб уникнути помилки через паралакс. У тому випадку, коли є сумніви в відліку, застосовується лупа.

При визначенні відхилення показів штангенциркулів міру довжини кінцеву плоскопаралельну (блок кінцевих мір) поміщають між губками штангенциркуля. Довге ребро вимірювальної поверхні губки повинно бути перпендикулярно до довгого ребра кінцевої міри довжини і перебувати в середині вимірювальної поверхні. Рухома губка штангенінструменту зміщується за допомогою мікроподачі (або вручну за її відсутності) до контакту з мірами довжини кінцевими плоскопаралельними. При цьому повинно забезпечуватися нормальне ковзання вимірювальних поверхонь губок по вимірювальній поверхні кінцевих мір довжини при відпущеному стопорному гвинті рамки. У такому положенні проводиться відлік показів по відліковому пристрою штангенциркуля (ноніус, кругова шкала, дисплей).

При визначенні відхилення показів штангенрейсмусу міру довжини кінцеву плоскопаралельну (блок кінцевих мір) розташовують на калібрувальній/півірочній плиті, вимірювальну поверхню ніжки підводять до контакту з кінцевою мірою так, щоб довге ребро кінцевої міри або блоку було перпендикулярно довгому ребру вимірювальної поверхні ніжки штангенрейсмусу і забезпечувалося нормальне ковзання між дотичними поверхнями. У такому положенні проводиться відлік показів по відліковому пристрою штангенрейсмусу (ноніус, кругова шкала, дисплей).

Для визначення відхилення показів штангенглибиноміра (штангенглибиноміра штангенциркуля тип ШЦ-І) беруть дві міри довжини кінцевих плоскопаралельних (2 блоки кінцевих мір) однакового розміру. Дві міри довжини кінцевих плоскопаралельних (блоки кінцевих мір) розміщують на калібрувальній/півірочній плиті так, щоб довгі ребра кінцевих мір довжини були паралельні. Вимірювальну поверхню рамки штангенглибиноміра встановлюють на дві міри довжини кінцевих плоскопаралельних (блоки кінцевих мір) таким чином, щоб довгі ребра мір і вимірювальна поверхня рамки були взаємно перпендикулярні. Вимірювальну поверхню рамки притискають рукою до кінцевих мір довжини, а вимірювальну поверхню штанги підводять до контакту з калібрувальною/півірочною плитою. У такому

положенні проводиться відлік показів по відліковому пристрою штангенглибиноміра (ноніус, кругова шкала, дисплей).

Для оцінювання невизначеності вимірювання виконують не менше 10 повторних вимірювань у кожній точці калібрування. Визначення показів штангенінструменту виконується одним і тим же оператором в одних і тих же встановлених умовах калібрування.

За одержаними значеннями вимірної величини обчислюють середнє арифметичне значення довжини, зчитане зі шкали штангенінструменту, за формулою:

$$\bar{l}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n l_{i_0}}{n} \quad (1)$$

де: n – кількість вимірювань;

l_{i_0} – результат i -го вимірювання довжини, зчитане зі шкали штангенінструменту, [мм].

У кожній точці калібрування обчислюється відхилення показів штангенінструменту:

$$\Delta l_{iu} = \bar{l}_0 - l_{MKП} \quad (2)$$

де: \bar{l}_0 – середнє арифметичне значення довжини, зчитане зі шкали штангенінструменту, [мм];

$l_{MKП}$ – номінальне значення довжини, задане мірою довжини кінцевою плоскопаралельною (блоком кінцевих мір), [мм].

За результатами обрахунків одержується статистична оцінка середнього квадратичного відхилення ряду результатів вимірювання:

$$S_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_{i_0} - \bar{l}_0)^2}{n-1}} \quad (3)$$

де: l_{i_0} – результат i -го вимірювання довжини, яке зчитане зі шкали штангенінструменту, [мм];

\bar{l}_0 – середнє арифметичне значення довжини, зчитане зі шкали штангенінструменту, [мм].

Для побудови модельного рівняння ідентифікуємо основні істотні джерела невизначеності вимірювання. З урахуванням цих джерел модельне рівняння набуде наступного вигляду:

$$\Delta l_{iu} = \bar{l}_0 - l_{MKП} + \delta l_{пл.ш} + \delta l_{пр.ш} + \delta l_d + \delta l_{MKП} + \delta l_{П MKП} + \delta l_{ДMKП} \quad (4)$$

де: \bar{l}_0 – середнє арифметичне значення довжини, зчитане зі шкали штангенінструменту, [мм];

$l_{MKП}$ – номінальне значення довжини, задане мірою довжини кінцевою плоскопаралельною, [мм];

$\delta l_{пл.ш}$ – поправка на відхилення від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, [мм];

$\delta l_{пр.ш}$ – поправка на відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, [мм];

δl_d – поправка, що враховує роздільну здатність штангенінструменту, [мм];

$\delta l_{MKП}$ – поправка на відхилення середнього значення довжини міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блок з кінцевих мір), [мм];

$\delta l_{П MKП}$ – поправка на відхилення від плоскопаралельності міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір), [мм];

$\delta l_{ДMKП}$ – поправка на дрейф довжини міри кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір), [мм].

Оцінювання невизначеності вимірювань проводиться відповідно до ЕА-4/02 М.

Розширена невизначеність вимірювання (U , мм) обчислюється за формулою:

$$U = k \cdot u_c \quad (5)$$

де: k – коефіцієнт охоплення ($k=2$ при рівні довіри 95%);

u_c – сумарна стандартна невизначеність, що враховує вплив вхідних величин.

$$u_c = \sqrt{u_{l_0}^2 + u_{MKП}^2 + u_{пл.ш}^2 + u_{пр.ш}^2 + u_d^2 + u_{ПMKП}^2 + u_{ДMKП}^2} \quad (6)$$

де: u_{l_0} – невизначеність, викликана розкидом вимірювання довжини з допомогою штангелі-інструменту, що калібрується, [мм];

$u_{IMKП}$ – стандартна невизначеність еталону міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блок з кінцевих мір), [мм];

$u_{пл.ш}$ – невизначеність, викликана відхиленням від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, [мм];

$u_{пр.ш}$ – невизначеність, викликана відхиленням від паралельності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, [мм];

u_d – невизначеність зчитування показів через дискретність штангенінструменту, [мм];

$u_{ПМКП}$ – невизначеність, викликана відхиленням від плоскопаралельності міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір), [мм];

$u_{ДМКП}$ – невизначеність, викликана дрейфом довжини міри кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір), [мм].

Невизначеність результатів вимірювання, викликана розкидом вимірювання довжини з допомогою штангенінструменту, що калібрується, оцінюється за типом А:

$$u_{l_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_{i_0} - \bar{l}_0)^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

Невизначеність, типу В, викликана відхиленням від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, обчислюється за формулою:

$$u_{пл.ш} = \frac{l_{пл.ш}}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

де: $l_{пл.ш}$ – відхиленням від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, [мм].

Невизначеність типу В, викликана відхиленням від паралельності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, обчислюється за формулою:

$$u_{пр.ш} = \frac{l_{пр.ш}}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

де: $l_{пр.ш}$ – відхиленням від паралельності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, [мм].

Невизначеність зчитування показів через дискретність штангенінструменту оцінюється за типом В і обчислюється за формулою:

$$u_d = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (10)$$

де: d – ціна поділки шкали ноніуса або кругової шкали, [мм].

Якщо штангенінструмент оснащений цифровим відліковим пристроєм, то невизначеність зчитування показів через дискретність штангенінструменту оцінюється за типом В і обчислюється за формулою:

$$u_d = \frac{b}{2\sqrt{3}} \quad (11)$$

де: b – одиниця найменшого розряду цифрового відлікового пристрою штангенінструменту, [мм].

Стандартна невизначеність еталону міри довжини кінцевої плоскопаралельної обчислюється за формулою:

$$u_{IMKП} = \frac{U_{IMKП}}{2} \quad (12)$$

де: $U_{IMKП}$ – розширена невизначеність еталону міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блок з кінцевих мір) (з сертифікату калібрування), [мм].

Невизначеність типу В, викликана відхиленням від плоскопаралельності міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір) обчислюється за формулою:

$$u_{ПМКП} = \frac{l_{ПМКП}}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

де: $l_{ПМКП}$ – відхиленням від плоскопаралельності міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір) (з свідоцтва про калібрування), [мм].

Невизначеність дрейфу довжини міри кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір) з моменту останнього калібрування оцінюється за типом В і обчислюється за формулою:

$$u_{\text{ДДМК}} = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{\sqrt{3}} \quad (14)$$

де: Δ_1 – відхилення довжини від номінальної міри кінцевої плоскопаралельної на момент останнього калібрування, [мм];

Δ_2 – відхилення довжини від номінальної міри кінцевої плоскопаралельної під час передостаннього калібрування, [мм].

Користуючись модельним рівнянням знайдемо значення коефіцієнтів впливу $\partial t / \partial x_i$. Тут x_i – вхідні величини. Як видно з модельного рівняння, значення всіх коефіцієнтів впливу рівні 1.

Усі джерела невизначеності є незалежними одне від одного, тому значення коефіцієнтів кореляції рівні нулю (кореляція між будь-якою парою вхідних величин відсутня).

Бюджет невизначеності результатів вимірювання при калібруванні штангенінструменту наведений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Бюджет невизначеності

Назва складової величини	Оцінка x_i	Стандартна невизначеність $u_{(x_i)}$	Закон розподілу	Коефіцієнт чутливості C_i
Невизначеність, викликана розкидом вимірювання довжини з допомогою штангенінструменту, що калібрується, мм;	Значення	u_{l_0}	Нормальний	1
Невизначеність, викликана відхиленням від площинності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, мм;	Значення	$u_{\text{пл.ш}}$	Прямокутний	1
Невизначеність, викликана відхиленням від паралельності вимірювальних поверхонь штангенінструменту, мм;	Значення	$u_{\text{пр.ш}}$	Прямокутний	1
Невизначеність зчитування показів через дискретність штангенінструменту, мм;	Значення	u_d	Прямокутний	1
Невизначеність, викликана відхиленням від плоскопаралельності міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блоку з кінцевих мір), мм;	Значення	$u_{\text{ПМКП}}$	Прямокутний	1
Невизначеність, викликана дрейфом довжини міри кінцевої плоскопаралельної (блоку кінцевих мір)	Значення	$u_{\text{ДМКП}}$	Прямокутний	1
Стандартна невизначеність еталону міри міри довжини кінцевої плоскопаралельної (блоку кінцевих мір), мм;		$u_{\text{МКП}}$	Нормальний	
Сумарна стандартна невизначеність		u_{sum}	Нормальний	
Розширена невизначеність	Значення	U	Нормальний	

Висновки. Виходячи з вище викладеного матеріалу можна зробити наступні висновки:

- відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025 калібрувальні лабораторії можуть розробляти методики калібрування;
- розроблення типової методики калібрування штангенінструменту є невід’ємною частиною забезпечення єдності вимірювання та метрологічної простежуваності результатів калібрування;
- викладений матеріал надає практичні рекомендації щодо розробки калібрувальними лабораторіями власних методик калібрування штангенінструменту;
- основою для розробки методики калібрування є визначення модельного рівняння вимірювання, формування бюджету та оцінювання невизначеності вимірювання. Однак, на сьогоднішній день розроблено лише концепцію оцінювання невизначеності вимірювань, існуючі методики калібрування представлені на рівні рекомендацій. Тому важливим завданням є вдосконалення методології калібрування в частині її регламентування у відповідних стандартизованих методиках калібрування засобів вимірювальної техніки.

Інформаційні джерела

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1314-VII від 05.06.2014р.
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2109 Національний стандарт України. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2107, IDT)
3. ISO/IEC GUIDE 99:2007 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM) (Міжнародний словник з метрології - Основні і загальні поняття і відповідні терміни (VIM)).
4. EA-4/02 M: 2022 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration. (Вираження невизначеності вимірювання при калібруванні).
5. ILAC G8:09/2019 Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity (Керівництво з правил ухвалення рішення та декларацій відповідності)
6. ILAC-P10:07/2020 ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results. (Політика ILAC щодо метрологічної простежуваності результатів вимірювання)
7. ILAC P14:09/2020 ILAC Policy for Measurement Uncertainty in Calibration (Політика ILAC щодо невизначеності вимірювань в калібруванні)
8. ЗД-08.00.09 Політика НААУ щодо метрологічної простежуваності вимірювання, що проводять органи з оцінки відповідності відповідно до заявленої сфери акредитації
9. ЗД-08.00.29 Політика НААУ щодо участі органів з оцінки відповідності у перевітках професійного рівня та міжлабораторних порівняннях, відмінних від перевірок професійного рівня
10. ІН-08.02.05 Інструкція «Формування сфери акредитації калібрувальної лабораторії»

¹Т. Кепешчук, ¹Л. Пастушчин, ²В. Пташенчук

¹State enterprise "Ivano-Frankivsk Scientific and Production Center of Standardization, Metrology and Certification" Ivano-Frankivsk, Ukraine

²Lutsk National Technical University

TYPICAL METHOD OF CALIBRATION OF A BAR TOOL

The work is devoted to the development of practical recommendations for the calibration of the rod instrument, the formation of the budget and the assessment of the uncertainty of the measurement results. The main task of calibration laboratories is to ensure the unity of measurement and metrological traceability of measurement results during the calibration of measuring equipment, which in turn is impossible without the use of calibration methods. In accordance with international and national documents regulating the requirements for the competence and activity of calibration laboratories, it is possible for laboratories to develop their own calibration methods. A typical method of calibrating a rod instrument, which is in use in testing and calibration laboratories, has been developed. The presented material provides practical recommendations for calibrating a rod instrument, including developing own methods for calibrating a rod instrument, forming a budget, and evaluating the uncertainty of measurement results.

Keywords: rod instrument, method of calibration, measurement uncertainty, measurement, measuring instrument, calibration laboratory.