

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра Інженерія вагонів та якість продукції

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ  
КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРЕЦИЗІЙНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Пояснювальна записка і розрахунки  
до кваліфікаційної роботи магістра

МКРМЕ.175.25.07.00. ПЗ

Розробив:  
здобувач групи 218-ЯСС-Д23  
спеціальності 175 «Інформаційно-  
вимірювальні технології»

\_\_\_\_\_ Олександр ІЛЬГОВ  
(підпис)

Керівник:  
доцент кафедри, канд. техн. наук,  
доцент

Ганна КОМАРОВА

Рецензент:  
кандидат технічних наук,  
старший викладач

Людмила ВОЛОШИНА

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Механіко-енергетичний»

Кафедра «Інженерія вагонів та якість продукції»

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВ та ЯП,  
професор, д-р техн. наук

\_\_\_\_\_ І.Е.Мартинів  
(підпис) (ініціали і прізвище)  
«            » 2024 р.

## З А В Д А Н Н Я на кваліфікаційну роботу магістра

Ільгову Олександрю Євгеновичу

1. Тема: «Розробка методики калібрування для підвищення контролю якості прецизійного інструменту» керівник: Комарова Ганна Леонідівна затверджена розпорядженням по механіко-енергетичному факультету від “30” вересня 2024 року № 41.
2. Строк подання студентом роботи “30” грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: законодавчі та нормативні акти України, які регламентують вимоги систем якості та компетентності калібрувальних лабораторій (ДСТУ EN ISO 9000; 9001; ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019), наукова та навчально-методична література по темі дослідження, статут підприємства; інформація про розвиток існуючого підприємства; внутрішня звітність, статистична звітність, матеріали переддипломної практики.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Вступ; 1 . Теоретичні основи точності прецизійного інструменту; 2 Аналіз сучасних методів підвищення точності; 3 Калібрування прецизійних інструментів: основи, специфіка та розробка процедур; 4 Розробка проекту методики калібрування «Нутроміри індикаторні» та рекомендацій щодо підвищення точності вимірювальних інструментів на ПНВП "МІКРОТЕХ»; Висновки.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: 1 Актуальність і цілі дослідження; 2 Сфера діяльності “МІКРОТЕХ”; 3 Загальна структура методології вимірювання та випробування; 4 Основні елементи процесу вимірювання; 5 Види контрольно-вимірювального інструменту; 6 Види нутромірів; 7 Огляд існуючих методів калібрування; 8 Проблемні області та обмеження поточних підходів; 9 Впровадження сучасних інформаційних технологій в процес калібрування (Internet-enabled metrology); 10 Розробка нових методик калібрування; 11 Адаптація до європейських стандартів; 12 Запропонована методика калібрування; 13 Заключення та рекомендації; Висновки.

6. Дата видачі завдання 30.09.2024р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи  | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1     | Проаналізувати теоретичні основи точності прецизійного інструменту, визначити основні фактори, що впливають на точність вимірювань, а також класифікацію і застосування прецизійних інструментів, зокрема нутромірів | 01.10 - 15.10                 |          |
| 2     | Вивчити сучасні методи підвищення точності прецизійного інструменту, включаючи існуючі технології та їх недоліки в контексті калібрування нутромірів на ПНВП "МІКРОТЕХ".   | 16.10– 25.10                  |          |
| 3     | Розробити проект методики калібрування нутромірів, що відповідає сучасним вимогам і стандартам, а також рекомендації щодо її впровадження у виробничі процеси "МІКРОТЕХ"   | 26.10 – 05.11                 |          |
| 4     | Оцінити вплив розроблених рекомендацій на якість продукції та продуктивність виробничих процесів, а також сформулювати рекомендації щодо їх інтеграції у виробничу практику "МІКРОТЕХ"                               | 06.11 – 25.11                 |          |
| 5     | Формулювання висновків магістерської роботи  | 26.11– 30.11                  |          |
| 6     | Перевірка на плагіат   | 01.12-10.12                   |          |
| 7     | Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.  | 11.12– 20.12                  |          |
| 8     | Нормоконтроль та отримання рецензії на магістерську роботу   | 21.12 -30.12                  |          |

**Магістрант**

**Олександр ІЛЬГОВ**

**Керівник роботи**

**Ганна КОМАРОВА**

## АНОТАЦІЯ

**О.Є. Ільгов.** Кваліфікаційна магістерська робота другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему: «**Розробка методики калібрування для підвищення контролю якості прецизійного інструменту**» включає в себе 15 слайдів презентації, 118 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 16 рисунків, 1 таблицю, 37 літературних джерел.

**Ключові слова:** КАЛІБРУВАННЯ, ПРЕЦИЗІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ, НУТРОМІРИ ІНДИКАТОРНІ, ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ISO 17025, МЕТОДИКА КАЛІБРУВАННЯ.

Магістерська робота присвячена дослідженню теоретичних та практичних аспектів підвищення точності вимірювань у виробничих умовах шляхом удосконалення методик калібрування прецизійного інструменту.

**Метою даної роботи** є розробка проекту методики калібрування нутромірів, спрямованої на підвищення точності вимірювань, забезпечення відповідності міжнародним стандартам якості та вдосконалення процесів контролю у виробничій практиці ПНВП "МІКРОТЕХ.

**Об'єктом дослідження** є процес підвищення точності прецизійного інструменту в умовах сучасного виробництва.

У роботі проаналізовано сучасні підходи до забезпечення точності вимірювань, визначено основні фактори, що впливають на точність роботи прецизійного інструменту, та обґрунтовано необхідність впровадження ефективних методик калібрування для контролю якості.

На основі аналізу міжнародних стандартів (ISO 17025, ISO 9001) розроблено методику калібрування нутромірів, що включає послідовність процедур, вимоги до умов виконання робіт, використання еталонів та засобів вимірювання. Запропонована методика дозволяє підвищити точність вимірювань, знизити похибки та забезпечити стабільність результатів контролю.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленої методики на підприємствах для оптимізації процесів контролю якості, зменшення витрат на повторні перевірки та забезпечення відповідності продукції вимогам стандартизації та сертифікації.

Результати дослідження можуть бути використані для подальшого вдосконалення систем метрологічного забезпечення виробництва, автоматизації процесів калібрування та розробки методик для інших типів прецизійних інструментів.

## ANNOTATION

**O.Ye. Ilhov.** The qualifying master's thesis for the second (master's) level of higher education titled: "**Development of a Calibration Methodology to Improve the Quality Control of Precision Instruments**" includes 15 presentation slides, 118 A4 pages of the explanatory note containing 16 figures, 1 table, and 37 references.

**Keywords:** CALIBRATION, PRECISION INSTRUMENT, INDICATOR BORE GAUGES, MEASUREMENT ACCURACY, QUALITY CONTROL, STANDARDIZATION, ISO 17025, CALIBRATION METHODOLOGY.

The master's thesis focuses on the study of theoretical and practical aspects of improving measurement accuracy in production conditions by enhancing calibration methodologies for precision instruments.

**The aim of this work** is to develop a calibration methodology project for indicator bore gauges aimed at improving measurement accuracy, ensuring compliance with international quality standards, and enhancing control processes in the production practices of "MICROTECH" PE.

**The object of the study** is the process of improving the accuracy of precision instruments in modern manufacturing conditions.

The thesis analyzes contemporary approaches to ensuring measurement accuracy, identifies the main factors influencing the precision of measuring instruments, and substantiates the need for implementing effective calibration methodologies to ensure quality control.

Based on the analysis of international standards (ISO 17025, ISO 9001), a calibration methodology for indicator bore gauges has been developed, which includes a sequence of procedures, requirements for operating conditions, and the use of reference standards and measuring instruments. The proposed methodology improves measurement accuracy, reduces errors, and ensures stability in control results.

The practical value of this work lies in the possibility of implementing the developed methodology at enterprises to optimize quality control processes, reduce costs for repeated inspections, and ensure compliance of products with standardization and certification requirements.

The results of the study can be used for further improvement of manufacturing metrological support systems, automation of calibration processes, and the development of methodologies for other types of precision instruments.

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Вступ   | 8  |
| 1 1. Теоретичні основи точності прецизійного інструменту  | 12 |
| 1.1. Визначення точності та її значення у вимірювальних процесах                                      | 12 |
| 1.2 Основні фактори, що впливають на точність вимірювань  | 16 |
| 1.3 Класифікація прецизійного інструменту та його застосування  | 19 |
| 1.4 Нутроміри: принципи роботи та їх роль у забезпеченні точності вимірювань                          | 25 |
| 2 Аналіз сучасних методів підвищення точності   | 31 |
| 2.1 Огляд методів та технологій, що використовуються для підвищення точності                          | 31 |
| 2.2 Порівняння ефективності різних підходів до контролю точності                                      | 37 |
| 2.3 Концептуальні основи вдосконалення технологій вимірювання та контролю якості                      | 37 |
| 3 Калібрування прецизійних інструментів: основи, специфіка та розробка процедур                       | 44 |
| 3.1 Основи калібрування: визначення, принципи та значення у контролі якості                           | 44 |
| 3.2 Практичні аспекти та значення простежуваності, калібрування та невизначеності вимірювань          | 47 |
| 3.3 Розробка процедур калібрування для різних типів прецизійних інструментів                          | 51 |
| 3.4 Впровадження сучасних інформаційних технологій в процес калібрування (Internet-enabled metrology) | 58 |
| 4 Калібрування прецизійних інструментів: основи, специфіка та розробка процедур                       | 62 |

|            |               |                 |              |             |  |                |              |                |
|------------|---------------|-----------------|--------------|-------------|--|----------------|--------------|----------------|
|            |               |                 |              |             | <b>МКРМЕ.175.25.07.00. ПЗ</b>  |                |              |                |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк</i>    | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> | Розробка методики калібрування для підвищення контролю якості прецизійного інструменту | <i>Літера</i>  | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| Розробив   | Ильгов О.С.   |                 |              |             |  |                | 6            | 118            |
| Перев.     | Комарова Г.Л. |                 |              |             |  |                |              |                |
| Н. контр.  | Шовкун В.О.   |                 |              |             |  |                |              |                |
| Затв.      | Мартинів І.Е. |                 |              |             |  |                |              |                |
|            |               |                 |              |             |  | <b>УкрДУЗТ</b> |              |                |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 4.1  | Аналіз вимог ISO/IEC 17025:2017 до методик вимірювання/випробування   | 62  |
| 4.2  | Специфіка калібрування нутромірів у виробничих умовах «МІКРОТЕХ»  | 71  |
| 4.3. | Вибір стандартних еталонів та вимірювальних приладів для калібрування   | 77  |
| 4.4  | Розробка практичних рекомендацій для підвищення точності інструменту та перспективи впровадження методик калібрування на “МІКРОТЕХ” | 81  |
|      | Висновки  | 86  |
|      | Список використаних джерел  | 88  |
|      | Додаток А   | 92  |
|      | Додаток Б   | 118 |

|           |            |                 |              |             |                               |            |
|-----------|------------|-----------------|--------------|-------------|-------------------------------|------------|
|           |            |                 |              |             | <b>МКРМЕ.175.25.07.00. ПЗ</b> | <i>Арк</i> |
|           |            |                 |              |             |                               | 7          |
| <i>Зм</i> | <i>Арк</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> |                               |            |

## Вступ

Українська промисловість має величезний потенціал для розвитку в умовах євроінтеграції. Це відкриває нові можливості для інвестицій та розширення співпраці з європейськими партнерами. Підприємства отримують доступ до нових технологій, кращих умов для збуту продукції та можливості впровадження інноваційних рішень у виробничі процеси. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності та забезпеченню сталого економічного зростання.

Водночас, підприємствам необхідно адаптувати свої виробничі процеси та продукцію до вимог європейських стандартів. Це включає вдосконалення систем контролю якості, впровадження нових методик вимірювань та калібрування, а також модернізацію виробничого обладнання. Перехід на міжнародні стандарти якості відкриває нові ринки збуту та підвищує довіру до української продукції з боку міжнародних споживачів.

Таким чином, розвиток української промисловості в умовах євроінтеграції є важливим завданням, яке вимагає комплексного підходу та активної співпраці з європейськими партнерами. Це дозволить підприємствам не лише зберегти конкурентоспроможність, але й закласти фундамент для подальшого розвитку у глобальному ринку.

Ключовим аспектом, що впливає на якість продукції, є точність прецизійного інструменту, який використовується для вимірювання та контролю геометричних параметрів виробів. Прецизійні інструменти, такі як нутроміри, забезпечують контроль розмірних характеристик деталей, що безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту. Зниження точності вимірювань може призвести до збільшення дефектів, втрати часу на переробки та зниження конкурентоспроможності продукції. Вдосконалення методів вимірювання є невід'ємною частиною виробничого процесу.

Розробка нової методики калібрування нутромірів дозволить підвищити точність вимірювального обладнання та забезпечити відповідність продукції



високим стандартам якості. Калібрування є ключовим етапом у забезпеченні надійності та точності вимірювальних процесів, що впливає на якість контролю продукції. Багато українських підприємств ще використовують застарілі методи калібрування, що обмежує їх можливості на міжнародному ринку.

Для українських підприємств актуально перейти на міжнародні стандарти якості, такі як ISO та EN, щоб виходити на ринки Європи та інших країн. Це вимагає модернізації виробничих процесів, удосконалення методик вимірювань та калібрування. Точність індикаторних вимірювальних інструментів, зокрема нутромірів, є критичним аспектом у забезпеченні високої якості продукції та підвищенні продуктивності. Розробка нової методики калібрування допоможе підприємствам зменшити похибки та поліпшити контроль якості.

**Актуальність дослідження визначається** необхідністю адаптації виробничих процесів до сучасних вимог ринку та підвищення якості продукції в умовах глобальної конкуренції. Використання прецизійного інструменту з високою точністю вимірювань стає особливо важливим для тих підприємств, які прагнуть зберегти свої позиції на ринку та відповідати вимогам міжнародних стандартів.

Розробка нової методики калібрування нутромірів є завданням, спрямованим на вдосконалення технологій контролю якості продукції та підвищення її конкурентоспроможності. Дослідження розглядає сучасні методи калібрування, аналізує їхні недоліки та пропонує нові рішення для підвищення точності вимірювань. Це сприятиме зростанню ефективності виробничих процесів відповідати сучасним міжнародним стандартам якості.

Отже, в умовах складної економічної ситуації та необхідності відповідати вимогам міжнародного ринку, розробка нових методик калібрування нутромірів є актуальним завданням. Це дозволить підприємствам зберегти конкурентоспроможність та закласти фундамент для подальшого розвитку.

**Об'єкт дослідження:** процес підвищення точності прецизійного інструменту в умовах сучасного виробництва.

**Предмет дослідження:** методика калібрування нутромірів та рекомендації щодо вдосконалення точності вимірювань.

**Метою даної роботи є** розробка проекту методики калібрування нутромірів, спрямованої на підвищення точності вимірювань, забезпечення відповідності міжнародним стандартам якості та вдосконалення процесів контролю у виробничій практиці ПНВП "МІКРОТЕХ".

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- ✓ Проаналізувати теоретичні основи точності прецизійного інструменту, визначивши основні фактори, що впливають на точність вимірювань, а також класифікацію і застосування прецизійних інструментів, зокрема нутромірів.
- ✓ Вивчити сучасні методи підвищення точності прецизійного інструменту, включаючи існуючі технології та їх недоліки в контексті калібрування нутромірів на ПНВП "МІКРОТЕХ".
- ✓ Розробити проект методики калібрування нутромірів, що відповідає сучасним вимогам і стандартам, а також рекомендації щодо її впровадження у виробничі процеси ПНВП "МІКРОТЕХ".
- ✓ Визначити концептуальні основи вдосконалення технологій вимірювання та контролю якості, зокрема вибір еталонів та вимірювальних приладів для калібрування.
- ✓ Оцінити вплив розроблених рекомендацій на якість продукції та продуктивність виробничих процесів, а також сформулювати рекомендації щодо їх інтеграції у виробничу практику ПНВП "МІКРОТЕХ".

**Методи дослідження:** у магістерській роботі використані різноманітні методи дослідження, зокрема: аналіз наукової літератури для вивчення теоретичних аспектів точності прецизійного інструменту та калібрування нутромірів; емпіричні дослідження для проведення калібрування у виробничих умовах; математичне моделювання для прогнозування впливу факторів на точність вимірювань; експертні оцінки для отримання рекомендацій від фахівців у метрології; порівняльний аналіз існуючих методів калібрування для виявлення

їх переваг і недоліків; а також системний підхід для комплексного аналізу етапів розробки методики. Ці методи дозволили всебічно дослідити тему та надати практичні рекомендації щодо підвищення точності вимірювань у сучасному виробництві.

**Наукова новизна роботи** полягає у розробці нової методики калібрування нутромірів, що сприятиме зменшенню похибок вимірювань та підвищенню точності інструменту. Практична значущість полягає у тому, що запропоновані методи можуть бути інтегровані у виробничу практику, що дозволить суттєво підвищити якість продукції та покращити показники ефективності виробництва.

**Практична значущість** цієї магістерської роботи полягає у розробці методики калібрування нутромірів, що сприяє підвищенню точності вимірювань у виробничих процесах. Рекомендації щодо інтеграції розроблених рішень у виробничу практику допоможуть підприємствам оптимізувати контроль якості, знизити витрати на виправлення дефектів продукції та забезпечити відповідність міжнародним стандартам. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення існуючих методів вимірювання та контролю якості, що в свою чергу підвищить конкурентоспроможність українських підприємств на міжнародному ринку. Розроблена методика та рекомендації можуть також стати основою для подальших досліджень у галузі метрології та виробництва, сприяючи розвитку інноваційних технологій в Україні.

**Апробація результатів роботи:** Основні положення магістерської роботи були висвітлені у тезах доповіді «Розробка методики калібрування для підвищення контролю якості прецизійного інструменту» на 84 студентській науково-технічній конференції УкрДУЗТ (м. Харків, 2024) [33].

## Висновки

У цій магістерській роботі було проведено всебічний теоретичний аналіз та розроблено методику калібрування прецизійних інструментів, зокрема нутромірів індикаторних, з метою підвищення точності вимірювальних процесів у виробничих умовах. Дослідження підкреслило важливість високоточної метрології для забезпечення якості продукції та ефективного функціонування виробничих процесів. Основні висновки та практичні рекомендації роботи можуть стати основою для впровадження сучасних підходів до метрологічного контролю та стандартизації на підприємствах.

1. Теоретичні основи точності та калібрування: У рамках роботи детально проаналізовано поняття точності вимірювань, її значення для промислових процесів та вплив на кінцеву якість продукції. Встановлено, що точність вимірювань є ключовим фактором для зменшення кількості дефектів, оптимізації виробничих процесів та підвищення економічної ефективності підприємств. Забезпечення точності неможливе без регулярного калібрування вимірювальних інструментів.

2. Специфіка калібрування прецизійних інструментів: Проведений аналіз показав, що різні типи прецизійних інструментів, такі як нутроміри, мікрометри та штангенциркулі, потребують диференційованого підходу до калібрування через різницю у їх конструктивних особливостях. У дослідженні розглянуто особливості нутромірів індикаторних, які використовуються для вимірювання внутрішніх діаметрів, та їхню критичну роль у забезпеченні якості готової продукції. Підтверджено, що контроль умов калібрування (температура, вологість, вібрації) є важливим для мінімізації похибок.

3. Розробка методики калібрування нутромірів індикаторних: Основним науковим досягненням роботи є розробка детальної методики калібрування нутромірів індикаторних. Запропонована методика враховує сучасні стандарти (ISO 17025) та міжнародні метрологічні вимоги, що дозволяє підвищити якість та

надійність процесу калібрування. Це сприяє поліпшенню стандартизації та сертифікації виробничих процесів, що, у свою чергу, підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку.

4. Підвищення якості та стандартизація: Дослідження показало, що впровадження систематичного підходу до калібрування є важливою складовою для досягнення високих стандартів якості продукції. Регулярна перевірка індикаторних інструментів і дотримання міжнародних стандартів забезпечує відповідність продукції вимогам сертифікації та знижує ризики отримання неякісних результатів у виробничих процесах. Це особливо важливо для підприємств, що прагнуть відповідати суворим вимогам європейських та міжнародних ринків.

5. Вплив на сертифікацію та конкурентоспроможність: Запровадження розробленої методики калібрування сприяє підвищенню рівня стандартизації та сертифікації виробничих процесів відповідно до ISO 9001 та ISO 17025. Це не лише підвищує надійність продукції, але й дозволяє підприємствам отримувати відповідні сертифікати якості, що є критично важливим для виходу на міжнародні ринки та зміцнення позицій на внутрішньому.

6. Практичні рекомендації для впровадження: Розроблені рекомендації щодо організації процесу калібрування можуть бути інтегровані у виробничу практику для забезпечення високої точності вимірювань та підвищення якості продукції. Використання цифрових індикаторів, автоматизації процесів вимірювання та сучасного програмного забезпечення дозволить знизити ризики людського фактору та підвищити ефективність виробництва.

У підсумку, виконане дослідження підтвердило необхідність інтеграції новітніх методик калібрування, що базуються на міжнародних стандартах, для підвищення точності, якості та конкурентоспроможності продукції. Результати магістерської роботи можуть бути використані для подальших досліджень у сфері метрології та впровадження у виробничу практику, що дозволить підприємствам досягти вищого рівня стандартизації, сертифікації та задоволення потреб споживачів.

## Список використаних джерел

1. Закон України № 1314-VII від 5 червня 2014 року «Про метрологію та метрологічну діяльність». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2017, IDT; EN ISO/IEC 17025:2017, IDT)
3. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-1:2005 Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення (ГОСТ ИСО 5725-1-2003, IDT) [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=72104](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72104)
4. ISO/IEC GUIDE 99:2007 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM) ( Міжнародний словник по метрології - Основні і загальні поняття і відповідні терміни (VIM)).
5. Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 94. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>
6. ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64030](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64030)
7. Клименко Л. П. «Метрологія, стандартизація та управління якістю/Штангенінструменти» М.: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2011
8. Васілевський О. М., Поджаренко В.О. Актуальні проблеми метрологічного забезпечення: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. 214 с.
9. Офіційний сайт Підприємство Мікротех. URL: [https://microtechua.com/index.php?id\\_cms=27&controller=cms&id\\_lang=2](https://microtechua.com/index.php?id_cms=27&controller=cms&id_lang=2)
10. Нутроміри. URL: [https://microtechua.com/index.php?id\\_category=57&controller=category&id\\_lang=2](https://microtechua.com/index.php?id_category=57&controller=category&id_lang=2)

11. ISO 13385-1 Geometrical Product Specifications (GPS) – Dimensional measuring equipment- Part 1 Callipers Design and metrological characteristics. URL:<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/71149/16a0fb7fae30455a81bf64ef3c0806a0/ISO-13385-1-2019.pdf>
12. ДСТУ ISO 3650:2009 Вимоги до геометричних розмірів виробів.
13. Еталони довжини. Кінцеві міри (ISO 3650:1998, IDT). URL:[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=91108](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91108)
14. ДСТУ EN ISO/IEC17043:2017 (EN ISO/IEC 17043:2010; ISO/IEC 17043:2010, IDT). Національний стандарт України. Оцінка відповідності. Загальні вимоги до перевірки професійного рівня.
15. ТУ У 33.2-30291682-003-2004. Нутроміри індикатрні «МІКРОТЕХ». Технічні умови. Харків, 2004
16. Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів. Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України №193 від 08.02.2016, Київ, Україна, 2016.
17. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2:2005 Точність (правильність прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання. [https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=84968](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=84968)
18. ІЛАС-P14:09/2020 Політика ІЛАС щодо невизначеності при калібруванні. URL: <https://ilac.org/about-ilac/partnerships/international-partners/bipm/>
19. EA-4/02 M:2021 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration. - Date of Implementation. 05.11.2021. – EA Laboratory Committee, 2021.
20. В. Мотало, “Аналіз методик верифікації та калібрування засобів вимірювальної техніки”, у Мат. Всеукр. наук. техн. конф. “Technical Using of Measurement - 2019”, Славське, Україна, 2019, с. 18–20.
21. Software Support for Metrology: GPG 19 – Internet-enabled Metrology Systems (NPL Report DEM-ES 012), June 2006. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.internetcalibrations.com/\[NPL%20Report\]%20Software%20](http://www.internetcalibrations.com/[NPL%20Report]%20Software%20)

22. М.М. Яценко, В.В. Рубан, В.І. Денисюк. Віртуальне калібрування вимірювальних приладів. Київ: Кондор, 2014. 256 с.

23. Шведова В.В. Інтернет-метрологія і її роль в сучасному інформатизованому суспільстві // Збірник статей учасників тридцять п'ятої Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний потенціал світової науки – ХХІ сторіччя», м. Запоріжжя 2015 (24-27 листопада 2015) – С. 37 – 39.

24. ДСТУ 2681-94. метрологія. Терміни та визначення

25. ГОСТ 8.010-99 ГСИ. Методики выполнения измерений. Основные положения (Державна система забезпечення єдності вимірювань. Методики виконання вимірювань. Загальні положення)

[https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=29902](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=29902)

26. Закон України «Про стандартизацію» від 5.06.2014 р. № 1315-VII

27. ДСТУ ISO/IEC 17000:2007 Оцінювання відповідності. Словник термінів і загальні принципи (ISO/IEC 17000:2004, IDT)

28. О.Малецька Повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки на підприємстві: вирішення ключових проблем. Частина 1./О.Малецька.- Управління якістю: 2018, випуск 11.- с.32

29. О.Малецька Повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки на підприємстві: вирішення ключових проблем. Частина 2./О.Малецька.- Управління якістю: 2018, випуск 12.- с.52

30. Роценко О.В., Комарова Г.Л. Впровадження нових технологій для підвищення точності при розробці сучасного прецизійного інструмента. Сучасна наука: інновації та перспективи: Матеріали Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців 6-7 квітня 2023р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №16 від 16.01.2023, 2023.С.372-375

[https://files.duit.edu.ua/uploads/%D0%A1%D0%B0%D0%B9%D1%82/3\\_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%90/conferences/international-scientific-and-practical-conferences/modern-science-innovations-and-perspectives.pdf](https://files.duit.edu.ua/uploads/%D0%A1%D0%B0%D0%B9%D1%82/3_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%90/conferences/international-scientific-and-practical-conferences/modern-science-innovations-and-perspectives.pdf)



31. Сергєєв Д.М., Комарова Г.Л., Критерії обрання прецезійної координатно-вимірювальної машини. Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців 29-30 листопада 2023р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій <https://drive.google.com/drive/folders/1trm30Fzy5vhbcSjBq12sbGT2Ewq-6My5>

32. Комарова Г.Л., Сергєєв Д.М. Впровадження 3D метрологічного контролю при виробництві прецизійних корпусних деталей. Якість, стандартизація, контроль: теорія та практика: Матеріали 23-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 27–28 вересня 2023 р. Київ: АТМ України, 2023. с.37-40. <https://atmu.net.ua/downloads/archive/sb3-23.pdf>

33. Ільгов О.Є. Розробка методики калібрування для підвищення контролю якості прецизійного інструменту. Тези доповідей. 84 студентська науково-технічна конференція УкрДУЗТ, 2024. <https://kart.edu.ua/наука/stud-ndr/stud-ntk>

34. C. Ehrlich, S. Raspberry: Metrological timelines in traceability, J. Res. Natl.Inst. Stand. Technol. 103, 93–106 (1998)

35. EUROLAB:Measurement uncertainty revisited: Alternative approaches to uncertainty evaluation, EUROLAB Tech. Rep. No. 1/2007 (EUROLAB, Paris 2007), <http://www.eurolab.org>

36. J CGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections): Evaluation of measurementdata — Guide to the expression of uncertainty in measurement / [https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6](https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6)

37. Про затвердження Норм часу, необхідного для проведення перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації : Наказ Мінекономрозвитку від 21.12.2015 № 1719 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0051-16#Text> (дата звернення:11.11.2024)