

УДК 681.3:681.5.08

А. А. Габер<sup>1</sup>, к.т.н., А.І. Новікова<sup>1</sup>, Р. В. Злобін<sup>2</sup>, В. І. Новіков<sup>3</sup>, О. С. Челноков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса

<sup>2</sup>Орган сертифікації продукції АЕС стандарт, м. Одеса

<sup>3</sup>МПП «Тріумф – 1», м. Одеса

## ОЦІНЮВАННЯ ПРИДАТНОСТІ (ВЕРИФІКАЦІЯ / ВАЛІДАЦІЯ) МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ

У статті розглянуто питання забезпечення достовірності вимірювань у випробувальних та калібрувальних лабораторіях шляхом упровадження структурованої методики оцінювання придатності методів (методик) на основі процедур верифікації та валідації.

Наведено послідовність етапів оцінювання — від планування, вибору методики та аналізу вимог до калібрування до проведення експериментальних досліджень, визначення параметрів точності, оцінки невизначеності та прийняття рішення щодо придатності методу.

Детально описано критерії, що застосовуються під час аналізу результатів калібрування, зокрема визначення довірчих інтервалів, оцінку похибок, перевірку прийнятності результатів за критерієм  $E_n$ , а також порядок документування процедури згідно з вимогами нормативних та технічних документів.

**Ключові слова:** верифікація, валідація, методика калібрування, метрологічна придатність, невизначеність вимірювань, критерій  $E_n$ , випробувальне обладнання, система якості.

A. A. Haber, PhD., A. I. Novikova, R. V. Zlobin, V. I. Novikov, O. S. Chelnokov

## ASSESSMENT OF SUITABILITY OF VERIFICATION / VALIDATION OF CALIBRATION METHODOLOGY

The article considers the issue of ensuring the reliability of measurements in testing and calibration laboratories by implementing a structured methodology for assessing the suitability of methods (methodologies) based on verification and validation procedures. The sequence of assessment stages is presented - from planning, selection of the methodology and analysis of calibration requirements to conducting experimental studies, determining accuracy parameters, estimating uncertainty and making a decision on the suitability of the method.

The criteria used in the analysis of calibration results are described in detail, in particular, determining confidence intervals, estimating errors, checking the acceptability of results according to the  $E_n$  criterion, as well as the procedure for documenting the procedure in accordance with the requirements of regulatory and technical documents.

The work systematizes the factors that affect the metrological quality of measurements, including the choice of measuring instruments, the qualifications of performers, the conditions for conducting measurements and the correctness of the application of methods.

The proposed assessment system allows you to reduce the probability of errors, increase the accuracy and reproducibility of results, as well as ensure compliance of measurement processes with the requirements of DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 and other regulatory documents.

The results obtained can be used by laboratories to improve their internal quality system, increase the reliability of test equipment and optimize calibration processes.

**Keywords:** verification, validation, calibration methodology, metrological suitability, measurement uncertainty,  $E_n$  criterion, test equipment, quality system.

DOI 10.32684/2412-5288-2025-2-27-43-49

### Постановка проблеми.

У сучасних умовах розвитку промисловості та підвищення вимог до якості й безпеки продукції особливого значення набуває забезпечення

точності вимірювань, що виконуються за допомогою випробувального та калібрувального обладнання. Саме достовірність вимірювань визначає здатність підприємств та лабораторій вико-

нувати оцінку відповідності, контролювати якість виробів та гарантувати виконання вимог технічних регламентів [5–8].

Крім того, міжнародні стандарти, зокрема ДСТУ EN ISO / ІЕС 17025:2019, встановлюють обов'язковість підтвердження метрологічної придатності методик, що застосовуються у процесі випробування і калібрування [1].

Проблема полягає в тому, що методики, які використовуються для виконання вимірювань, часто потребують додаткової оцінки їхньої верифікації та валідації.

Відсутність правильно організованої процедури оцінювання призводить до підвищення ризиків похибок, невідтворюваності результатів та втрати довіри до діяльності лабораторії. Особливо це стосується обладнання, яке застосовується для силових та механічних випробувань, а також установок компресійного типу.

Потреба у вдосконаленні методів перевірки, документуванні етапів оцінювання та впровадженні сучасних підходів до контролю відповідності методик вимірювань є ключовою для підвищення якості результатів калібрувань та випробувань.

#### **Аналіз останніх досягнень і публікацій.**

Питання забезпечення точності вимірювань та метрологічної надійності обладнання знайшло широке висвітлення у нормативній, методичній та науковій літературі. Вимоги до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій, документування процедур та забезпечення точності вимірювань детально регламентовані у ДСТУ EN ISO/ІЕС 17025:2019 [1], який передбачає необхідність оцінювання придатності методик, перевірки параметрів вимірювань та контролю невизначеності. ДСТУ EN ISO 10012:2022 визначає підходи до управління вимірювальним обладнанням і підтверджує актуальність системного підходу до метрологічного забезпечення [9].

Питання технічної організації лабораторій та їх готовності до акредитації досліджуються у роботах Павленка [10], де увага приділяється впливу технічного стану обладнання та рівня метрологічного супроводу на якість вимірювань. Метрологічні аспекти випробувального обладнання також аналізуються у роботі Turgunbaev et al. [11], де розглядаються підходи до сертифікації та умов проведення перевірок.

Питання підтримання працездатності і точності обладнання в умовах промислової експлуатації висвітлено у публікації Beldiman та Csaszar [12], які наголошують на важливості регулярного технічного обслуговування і перевірок.

Фундаментальні теоретичні положення метрології та критерії оцінювання похибок описані у

підручнику Величка та співавторів [13], що підтверджує важливість правильного вибору методів вимірювань і аналізу їх похибок.

Додаткові матеріали щодо випробувального обладнання та його перевірки наведено у фахових електронних джерелах [15, 16].

Попри наявність значної кількості досліджень, питання практичного впровадження процедур верифікації й валідації методик у вимірювальну практику залишаються актуальними. Зокрема, недостатньо опрацьованими є алгоритми оцінки методик калібрування, критерії прийнятності, підходи до аналізу похибок та методи формалізації результатів контролю.

Це підкреслює важливість подальшого вдосконалення методичного забезпечення у сфері калібрування і випробувань.

**Метою статті** є обґрунтування та систематизація сучасних підходів до оцінювання придатності методик вимірювань шляхом верифікації та валідації, а також розроблення структурованого алгоритму перевірки методик калібрування, що відповідає вимогам міжнародних і національних стандартів [1, 5, 7, 9].

У межах статті детально розглядаються етапи оцінювання методик, критерії прийнятності результатів, порядок аналізу похибок, а також особливості документування процесів згідно з вимогам нормативної і технічної документації.

Додатковою метою є формування практичних орієнтованих рекомендацій щодо підвищення метрологічної надійності та відтворюваності результатів вимірювань, що особливо важливо для випробувальних лабораторій, які здійснюють калібрування та перевірку обладнання різного призначення.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Верифікація – це перевірка відповідності продукту певним вимогам («Чи правильно ми будемо продукт?»), а валідація – це підтвердження того, що продукт відповідає потребам користувача («Чи будемо ми правильний продукт?»).

Верифікація фокусується на внутрішніх аспектах (код, архітектура), а валідація – на зовнішніх (користувацький досвід, ринкові потреби). Верифікація часто відбувається на ранніх етапах, тоді як валідація проводиться пізніше, часто за участю кінцевих користувачів.

Верифікація перевіряє, чи продукт будується правильно (відповідно до специфікацій), а валідація – чи будується правильний продукт (відповідає потребам користувача). Верифікація фокусується на відповідності внутрішнім вимогам та стандартам, тоді як валідація – на зовнішніх потребах і очікуваннях кінцевого користува-

ча. Валідація може знайти помилки, які процес верифікації не може зловити і виконується на етапах розробки, а також на етапі впровадження та експлуатації.

Ключові відмінності між верифікацією і валідацією зведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Ключові відмінності

Критерій	Верифікація	Валідація
Фокус	Внутрішні аспекти (технічні вимоги, код)	Зовнішні аспекти (потреби користувача, бізнес-цілі)
Мета	Перевірка правильності реалізації	Перевірка відповідності меті
Ключове питання	"Чи правильно ми це робимо?"	"Чи ми робимо правильну річ?"
Методи	Аналіз, статична перевірка, тестування низького рівня	Тестування, що імітує реальне використання, зворотний зв'язок
Зацікавлені сторони	Розробники, команда QA	Кінцеві користувачі, замовники

Дія даної процедури поширюється на відповідальних за оцінювання придатності методу (методики).

При цьому використовується наступна аббревіатура: КерЛ – керівник лабораторії; КЯ – керівник з якості; ВВ – виконавець калібрувань; НД – нормативний документ; ВО – калібрувальне обладнання (робочі еталони).

Ця аббревіатура використовується і в блок – схемі процесу (табл. 2).

Враховується також діапазон змін вимірюваної величини, умови вимірювань, експлуатаційні якості обладнання, їх вартість. Застосування надмірно точного обладнання економічно не вигідно.

Основна увага приділяють похибкам обладнання. При цьому домагаються виконання умови

$$\Delta_{\Sigma} = (\Delta_{\text{мод}} + \Delta_{\text{м}} + \Delta_{\text{зв}} + \Delta_{\text{вим}} + \Delta_{\text{о}}) \leq \Delta_{\text{д}}$$

де  $\Delta_{\text{д}}$  – гранично допустима похибка результатів вимірювань;

$\Delta_{\text{мод}}$  – похибка моделі вимірювання;

$\Delta_{\text{м}}$  – похибка метода вимірювання;

$\Delta_{\text{зв}}$  – похибка засобів вимірювання;

$\Delta_{\text{вим}}$  – додаткові похибки, зумовлені впливом факторів, що впливають на умови вимірювань;

$\Delta_{\text{о}}$  – похибка оператора.

Цей критерій вибору ЗВТ досить надійний, тале дає завищену на (20–30) % оцінку сумарної похибки вимірювання  $\Delta_{\Sigma}$ .

Рішення про вибір методу вимірювання також базується на розгляді таких питань, як вартість та ризики отримання недостовірних результатів вимірювань.

За умови відсутності об'єктивного доказу, що підтверджується дотримання специфікацій вимог вимірювання, при застосуванні запропонованого методу вимірювання (методики калібрування), проводяться дії з верифікації. В основі оцінки (верифікації, валідації) методики калібру-

вання лежить інформація, отримана в процесі розробки методики калібрування.

Основні цілі оцінки:

- підтвердження та забезпечення об'єктивного доказу того, що в методиці калібрування вказані дані, які задовольняють попередньо встановленим критеріям;

- оптимізація параметрів методики калібрування;

- опрацювання чи підтвердження рівняння, що застосовується для обчислення результату вимірювання;

- визначення робочих параметрів методики калібрування, таких як чутливість, межа виявлення, зміщення, прецизійність та невизначеність вимірювань.

Прийоми, що використовується для оцінки методики калібрування, можуть бути одним із, або комбінацією таких:

- а) калібрування або оцінювання зміщення вимірювання та прецизійності з використанням еталонів або стандартних зразків;

- б) систематичне оцінювання чинників, що впливають на результат;

- в) перевірка стійкості методики калібрування шляхом зміни регульованих параметрів, таких як температура, тиск, волога, об'єм, тощо;

- г) порівняння з результатами, отриманими за іншими верифікованими методиками калібрування;

- д) міжлабораторні порівняння результатів калібрувань;

- е) оцінка невизначеності результатів вимірювань на основі розуміння теоретичних принципів методу вимірювання та практичного досвіду роботи з відбору проб, або методу калібрування.

Якщо методика калібрування пройшла оцінку у достатньому обсязі то спеціалісти лабораторії підтверджують, що вона є дієвою у КЛ, при застосуванні обладнання КЛ.

Таблиця 2 – Блок – схема процесу

Відповідальний виконавець	Зміст робіт	Номер етапу	Результат роботи
КерЛ	Призначення відповідального за оцінку (верифікацію, валідацію)	1	Журнал
ВВ	Аналіз вимог до калібрування	2	НД на метод НД на продукцію НД на норми
ВВ	Обирання належного методу (методики)	3	Журнал
ВВ	Оцінка наявності даних про оцінку вимірювання похибки в методиці	4	НД на метод
ВВ	Перевірка придатності методу, що вже пройшов оцінку	5	Журнал
ВВ	Планування заходів з оцінки	6	Журнал
ВВ	Експериментальні дослідження з оцінки	7	Журнал
ВВ	Оцінювання даних	8	Журнал
ВВ КЯ	Відповідність методики вимогам калібрування	9	НД на метод НД на продукцію НД на норми
ВВ	Оформлення результатів оцінки методики	10	Журнал

При цьому переконуються, що вказана невідповідність вимірювання в методиці задовольняє вимогам замовника.

План заходів з оцінки (верифікації, валідації) методики калібрування включає:

- ключові робочі параметри;
- необхідний ступінь ретельності;
- роз'яснення щодо параметрів, які вирішено не досліджувати;
- роз'яснення щодо наявних даних верифікації та посилання на джерела інформації.

Дані оцінки методики калібрування оформляються у вигляді звіту і затверджуються керівником лабораторії.

Звіт про оцінку методики калібрування формується на підставі калібрувань, що проведені найменше двома калібрувальниками. У звіті відображаються дані, щодо результатів вимірювання, які заносяться, згідно алгоритму послідовності аналізу, до відповідної таблиці.

Алгоритм послідовності аналізу проводиться наступним чином:

1. Перевірка грубих похибок (в разі підозрілих результатів вимірювань) і їх виключення.

2. Визначення дисперсії, яке є розсіянням середнього значення –  $S^2$ , стандартного відхилення (середнє квадратичне відхилення – СКВ) –  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{X})^2}{n-1}}$$

3. Оцінка довірчого інтервалу ( $\Delta X$ ) для середнього значення  $X$  і інтервальних значень  $X \pm \Delta X$

$$\Delta X = t_{p,f} \cdot S / \sqrt{n}$$

де  $t_{p,f}$  – квантиль розподілу Стьюдента при числі ступенів свободи  $f = n - 1$  і двосторонньою довірчою ймовірністю  $P$ .

4. Порівняння отриманого результату довірчого інтервалу ( $\Delta X$ ), обладнання що калібрується, з похибкою обладнання, котре піддається калібруванню (клас точності обладнання, або з допустимим значенням похибки згідно НД на обладнання).

Отримане значення довірчого інтервалу повинно не перевищувати похибку обладнання, що калібрується.

5. Оцінка якості результату калібрування по критерію  $E_n$ , що розраховується за формулою:

$$(E_n)_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{U^2(x_i) + U^2(x_{pt})}}$$

Для прийняття рішення перевіряється нерівність:

$E_n > 1,0$  або  $E_n < -1,0$  що може вказувати на необхідність аналізу оцінок невизначеності, або на необхідність корекції виконання вимірювань;

$-1,0 < E_n < 1,0$  слід розглядати як ознаку успішного калібрування.

Якщо отримані результати вимірювання відповідають умовам п. 4 та п. 5 то КЛ може визначити результат як такий, що відповідає вимогам методики калібрувань. Якщо отримані результати вимірювання не відповідають вимогам то, в залежності від ступеню величини похибки, приймається рішення щодо спроможності виконання методики, або проводяться повторні калібрування.

Результати експериментальних досліджень у межах оцінки та інформацію з інших джерел співробітники КЛ аналізують, з тим щоб переконатися, що метод відповідає специфікації вимог вимірювання.

Якщо дані з оцінки задовільні, відповідають вимогам технічних умов щодо вимірювань, то метод можна вважати придатним і далі оформляється заява про його придатність з занесенням до Переліку методик калібрування.

В разі, коли дані з оцінки незадовільні, то процес (верифікації / валідації) повторюється для з'ясування причин невідповідності та вносяться відповідні зміни до методу, для його вдосконалення, або покращення характеристик при виконанні в конкретних умовах своєї КЛ. У випадку неможливості отримання задовільних результатів, робиться висновок про непридатність методики і необхідність використання іншого, або нового методу (методики) калібрування.

Ризики виникнення невідповідної роботи:

- Не усвідомлення персоналом КЛ, усіх наслідків недотримання правил відбирання необхідного для реалізації методу калібрування.

- Не правильний підбір обладнання для реалізації методу (не відповідність діапазонів, невідповідна точність, не відповідні умови експлуатації, тощо.

- Формальний, чи недостатньо кваліфікований підхід відповідального фахівця, до визначення відповідності методу (методики) вимогам калібрування, дій з оцінювання даних оцінки (верифікації, валідації).

Перелік документів СУ, що використовуються:

1. Журнал реєстрації оцінки (невизначеність, верифікація, валідація) методів (методик).

2. План заходів з оцінки (верифікації, валідації) методів.

3. Форма визначення прицезійності, невизначеності, якості калібрувань та даних верифікації методу.

4. Перелік методів калібрування.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження сформовано цілісний підхід до оцінювання придатності методик калібрування, що ґрунтується на принципах верифікації та валідації згідно з вимогами ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 та чинної метрологічної нормативної бази.

Розглянуті етапи процесу – від планування, вибору методу та аналізу вимог до калібрування до експериментального підтвердження параметрів точності, визначення невизначеності вимірювань і перевірки прийнятності результатів – дають змогу забезпечити об'єктивне, відтворюване й простежуване оцінювання методики.

Запропонований алгоритм оцінювання придатності включає чітку послідовність дій виконавців, критерії прийнятності результатів, вимоги до аналізу похибок, а також інструменти контролю якості, такі як оцінка довірчих інтервалів та критерій  $E_n$ . Це дозволяє своєчасно виявляти недоліки методики, оптимізувати її параметри і забезпечувати відповідність вимірювань установленим вимогам.

Особлива увага приділена ролі кваліфікації персоналу, правильному вибору засобів вимірювальної техніки, дотриманню процедур документування та управлінню ризиками.

Результати дослідження підтверджують, що ефективна організація процесів верифікації та валідації є необхідною умовою для підвищення достовірності вимірювань і метрологічної надійності випробувального обладнання.

Запропоновані підходи можуть бути використані калібрувальними та випробувальними лабораторіями для вдосконалення внутрішніх процедур контролю якості, підвищення компетентності та забезпечення відповідності міжнародним і національним стандартам у сфері вимірювань та технічного регулювання.

### Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=88724](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88724).

2. ДСТУ 1.5:2015 Національні стандарти за ція. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=63938](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63938).

3. ДСТУ 327-95 Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=48089](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48089).

4. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=78591](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78591).

5. Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки. Затверджений Постановою КМУ від 13 січня 2016 р. № 94, поточна редакція від 27.09.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>.

6. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки (затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 163). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/163-2016-%D0%BF#Text>.

7. Закон України Про метрологію та метрологічну діяльність (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст. 1008), поточна редакція від 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>.

8. Закон України Про технічні регламенти та оцінку відповідності (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст. 96), поточна редакція від

19.04.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>.

9. ДСТУ EN ISO 10012:2022 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (EN ISO 10012:2003, IDT; ISO 10012:2003, IDT). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=109991](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=109991).

10. Павленко В. Я. Оцінка технічного та організаційного рівня виробничих приміщень та технічного оснащення при акредитації випробувальних лабораторій. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Том 33 (72) № 6. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/06>.

11. Turgunbaev, A., Usmanova, N., and Abdurakhmanov, O. (2020). Metrological certification and test conditions for verification equipment. *Technical science and innovation*, 2020 (4), 4. URL: <https://btstu.researchcommons.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1204&context=journal>.

12. Beldiman, A. M., Csaszar, T. (2022). Maintenance of on-premise test equipment for high quality tests / 10th edition of the International Multidisciplinary Symposium "UNIVERSITARIA SIMPRO 2022": Quality and Innovation in Education, Research and Industry – the Success Triangle for a Sustainable Economic, Social and Environmental Development MATEC Web Conf. Volume 373, 00028 (2022). <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237300028>.

13. Величко О. М., Коломієць Л. В., Гордієнко Т. Б. Метрологія, технічне регулювання та забезпечення якості: у п'яти томах. Том 1: Метрологія. Підручник. Одеса: БМВ, 2014. 688 с.

14. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=30045](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=30045).

15. Малецька О., Москаленко М. Випробувальне обладнання. Поводження на підприємстві та в лабораторії. Харків, ІПКМ. URL: <https://www.ipkm.org.ua/vyprobuvalne-obladnannya> (дата звернення: 15.07.2025).

16. Перевіряти чи калібрувати випробувальне обладнання. Харків, ІПКМ. URL: <https://www.ipkm.org.ua/perevirka-kalibruvannya-obladnannya> (дата звернення: 15.07.2025).

### References

1. DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 Zahalni vymohy do kompetentnosti vyprobuvalnykh ta kalibruvalnykh laboratorii. URL:

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=88724](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88724).

2. DSTU 1.5:2015 Natsionalna standartyzatsiia. Pravyla rozroblennia, vykladannia ta oformlennia natsionalnykh normatyvnykh dokumentiv. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=63938](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63938).

3. DSTU 327-95 Bezpechnist promyslovykh pidpriemstv. Zahalni polozhennia ta vymohy. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=48089](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48089).

4. DSTU 2681-94 Metrolohiiia. Terminy ta vyznachennia. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=78591](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78591).

5. Tekhnichniy rehlement zakonodavcho rehulovanykh zasobiv vymiriualnoi tekhniky. Zatverdzhenyi Postanovoiu KМУ vid 13 sichnia 2016 r. № 94, potochna redaktsiia vid 27.09.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>.

6. Tekhnichniy rehlement zasobiv vymiriualnoi tekhniky (zatverdzhenyi postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.02.2016 № 163). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/163-2016-%D0%BF#Text>.

7. Zakon Ukrainy Pro metrolohiiu ta metrolohichnu diialnist (Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2014, № 30, st. 1008), potochna redaktsiia vid 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>.

8. Zakon Ukrainy Pro tekhnichni rehlementy ta otsinku vidpovidnosti (Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2015, № 14, st. 96), potochna redaktsiia vid 19.04.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>.

9. DSTU EN ISO 10012:2022 Systemy keruvannia vymiriuvanniam. Vymohy do protsesiv vymiriuvannia ta vymiriualnoho obladnannia (EN ISO 10012:2003, IDT; ISO 10012:2003, IDT). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=109991](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=109991).

10. Pavlenko V. Ya. Otsinka tekhnichnoho ta orhanizatsiinoho rivnia vyrobnychykh prymishchen

ta tekhnichnoho osnashchennia pry akredytatsii vyprobuvalnykh laboratorii. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriia: Tekhnichni nauky*. 2022. Tom 33 (72) № 6. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/06>.

11. Turgunbaev, A., Usmanova, H., and Abdurakhmanov, O. (2020). Metrological certification and test conditions for verification equipment. *Technical science and innovation*, 2020 (4), 4. URL: <https://btstu.researchcommons.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1204&context=journal>.

12. Beldiman, A. M., Csaszar, T. (2022). Maintenance of on-premise test equipment for high quality tests / 10th edition of the International Multidisciplinary Symposium “UNIVERSITARIA SIMPRO 2022”: Quality and Innovation in Education, Research and Industry – the Success Triangle for a Sustainable Economic, Social and Environmental Development MATEC Web Conf. Volume 373, 00028 (2022). <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237300028>.

13. Velychko O. M., Kolomiets L. V., Hordiienko T. B. Metrolohiiia, tekhnichne rehuliuвання ta zabezpechennia yakosti: u piaty tomakh. Tom 1: Metrolohiiia. Pidruchnyk. Odesa: VMV, 2014. 688 s.

14. DSTU 7237:2011 Systema standartiv bezpeky pratsi. Elektrobezpeka. Zahalni vymohy ta nomenklatura vydiv zakhystu. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=30045](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=30045).

15. Maletska O., Moskalenko M. Vyprobuvalne obladnannia. Povodzhennia na pidpriemstvi ta v laboratorii. Kharkiv, IPKM. URL: <https://www.ipkm.org.ua/vyprobuvalne-obladnannya> (data zvernennia: 15.07.2025).

16. Pereviriaty chy kalibruvaty vyprobuvalne obladnannia. Kharkiv, IPKM. URL: <https://www.ipkm.org.ua/perevirka-kalibruvannya-obladnannya> (data zvernennia: 15.07.2025).

Надійшла до редакції 22.09.2025