

НОВИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

NEW APPROACH TO DETERMINING THE NEED OF MEASURING EQUIPMENT CALIBRATION

Потоцький Ігор, начальник відділу

*науково-технічний відділ загальної та законодавчої метрології, Державне підприємство
"всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології,
сертифікації та захисту прав споживачів" (ДП "Укрметртест-стандарт"), Україна,*

e-mail: pototskiy@ukrcsm.kiev.ua

Ihor Pototskiy

*State enterprise "scientific and production center for standardization, metrology, certification and
consumers rights protection", Ukraine*

Анотація

У статті запропоновано новий підхід до визначення необхідності вчасного проведення калібрувань еталонів та засобів вимірювальної техніки з метою забезпечення метрологічної простежуваності результатів вимірювань. Підхід заснований на використанні контрольних карт Шухарта з нанесенням на них ковзних (рухомих) середніх. Розглянуто приклад застосування ковзних середніх для вирішення поставленої задачі.

Abstract

Ensuring the unity and metrological traceability of measurement results becomes the key component necessary to reach market confidence in the results of calibrations, tests or measurements. Important aspect of maintaining the ability of the laboratory to receive metrological traceability and reliable measurement results is to determine the maximum permissible period between two calibrations of the standards and measuring instruments that provides the acceptable accuracy of measurements during their operation. Each test or calibration laboratory that aspires to comply the requirements DSTU ISO/IEC 17025 should establish calibration interval for current standards and equipment and/or introduce criteria for determining the necessity of calibrations. Substantiated solution of the mentioned problem is this paper issue.

To provide the metrological traceability of measurement results, the developed method of establishing the necessity of time intervals of standards and other measuring instruments calibrations is elaborated below. The development implies the conjugated consideration of Shewhart control charts and statistical processing time series instrument, namely, the movable averages. Example of implementing the movable averages is considered for solving the particular tasks.

Application of several movable averages of the same type or the different types, with the same or different parameters of smoothing, their intersection (or lack thereof) and forecasting instruments (modeling, extrapolation, etc.) may be the basis of a method which would allow to substantiate the development of criteria for determining the need for calibration standards and measuring instruments, or to change already established calibration intervals.

It is revealed that the application of Shewhart control charts with the drawing of movable average lines on them, under certain conditions, can provide timely signals about the necessity to conduct calibration of the standards and measuring instruments used by the laboratories. Proposed approach allows create the forecasting instrument convenient for the test and calibration laboratories.

Ключові слова

Калібрування, засіб вимірювальної техніки, еталон, міжкалібрувальний інтервал, простежуваність, контрольні карти Шухарта, ковзне середнє.

Keywords

Calibration, Measuring Instrument, Standard, Intercalibration Interval, Traceability, Shewhart Control Charts, Movable Averages

1. Вступ

З набуттям чинності з 1 січня 2016 року нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] докорінним чином змінився підхід до калібрування засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ), процедура калібрування набула нового сенсу відповідно до визначення, наведеного у Міжнародному словнику основних і загальних термінів в метрології (VIM-3) [2].

Згідно з ІЛАС-Р10:01/2013 [3] забезпечення простежуваності результатів вимірювань є ключовою складовою, необхідною для забезпечення довіри ринку до результатів калібрувань, випробувань чи вимірювань. У свою чергу, ДСТУ ІЛАС-G24/OIML D 10 [4] наголошує на тому, що важливим аспектом підтримання спроможності лабораторії отримувати простежуванні та надійні результати вимірювань є визначення максимально допустимого періоду, який має пройти між двома періодичними калібруваннями еталонів і ЗВТ.

Раніше свідоцтво про калібрування засобу вимірювальної техніки повинно було містити інформацію щодо терміну його чинності, на сьогодні ж необхідність та термін проведення повторного калібрування еталонів та ЗВТ визначає їх власник (користувач), термін чинності свідоцтва про калібрування не зазначається.

Примітка. Слід зазначити, що п. 5.10.4.4 ДСТУ ISO/IEC 17025 [5] передбачено зазначення рекомендованого терміну наступного калібрування за згоди заявника робіт, втім, це є, скоріше, винятком, ніж розповсюдженою практикою. Аналогічна норма міститься і у новій редакції ДСТУ ISO/IEC 17025 [6].

У той же час п. 5.5.8 ДСТУ ISO/IEC 17025 [5] зазначає, що для всього обладнання, яке використовується лабораторією і потребує калібрування, повинно бути визначено дати та критерії необхідності проведення повторного калібрування (у англійському варіанті стандарту зазначено "...the date or expiration criteria...", тобто "...дату чи критерій..."). Більше того, нова редакція ДСТУ ISO/IEC 17025 [6] передбачає наявність у лабораторії "Програми калібрування". Іншими словами, лабораторія повинна на власний розсуд встановити міжкалібрувальні інтервали для свого обладнання та/або впровадити певні критерії, за якими визначати потребу у проведенні повторних калібрувань.

Не менш цікавою є ситуація з калібруванням еталонів та обладнання, які застосовуються повірочними лабораторіями при повірці законодавчо регульованих ЗВТ. З одного боку, таке калібрування залишається, загалом, добровільним, з іншого – необхідність проведення періодичного калібрування передбачена нормативно-правовим актом [7]. Якість та періодичність проведення цих калібрувань прямо впливає на результати вимірювань у законодавчо регульованій сфері (зокрема, при проведенні розрахунків за спожиті енергетичні та матеріальні ресурси). Згідно з п. 2.1 ДСТУ OIML D 23 [8] еталони, що застосовуються для повірки законодавчо регульованих ЗВТ повинні калібруватись щорічно, якщо не передбачено інше.

Наявність жорсткої вимоги щодо повторного калібрування еталонів для повірки ЗВТ є правильною, але ж технічні особливості, умови та інтенсивність використання еталонів можуть значно відрізнятися, тому стандарт і передбачає обґрунтоване встановлення інших, крім одного року, інтервалів між калібруваннями еталонів.

2. Недоліки

Яким чином калібрувальній лабораторії або користувачу ЗВТ встановити обґрунтовані міжкалібрувальні інтервали чи критерії необхідності калібрування свого обладнання? Як довести потребу у збільшенні/зменшенні міжкалібрувальних інтервалів еталонів, що застосовуються для повірки законодавчо регульованих ЗВТ? – відсутність відповідей на ці питання значно ускладнює роботу калібрувальних, випробувальних та повірочних лабораторій та не може гарантувати простежувані та надійні результати вимірювання.

3. Мета роботи

Необхідно розробити певний метод, використання якого могло б сигналізувати про необхідність проведення повторного калібрування еталонів та обладнання, що застосовуються лабораторіями.

4. Матеріали та методи

Для розроблення такого методу пропонується спільне застосування контрольних карт Шухарта та інструментів статистичної обробки часових рядів, а саме – ковзного середнього (moving average).

Контрольні карти Шухарта, запропоновані доктором Уолтером Шухартом у 1924 році, є графічним інструментом, який відображає зміну параметрів процесу з використанням статистичних принципів на основі вибірково отриманих даних через приблизно однакові інтервали часу (див. ДСТУ ISO 7870-2 [9]). Вони широко застосовуються при контролі параметрів продукції та налагодженні технологічних процесів, мають багато різновидів та підходів до побудови. Але, за певних умов, на контрольних картах Шухарта можуть з'являтися "промахи", що призводить до прийняття невірних рішень. З метою уникнення (або хоча б зменшення) впливу

таких "промахів" на прийняття рішення та можливості прогнозування необхідності проведення калібрування вимірювального обладнання пропонується нанесення ліній ковзного середнього на контрольні Карти Шухарта. Ковзне середнє та його застосування досить детально описані (наприклад, [10], [11]). Ковзне середнє може обчислюватись для довільних даних, але найчастіше його використовують для аналізування часових рядів для згладжування раптових коливань та визначення довготермінових трендів або циклів, визначення впливу систематичних факторів, прогнозування. Ідея згладжування за допомогою ковзного середнього полягає у зменшенні впливу випадкових величин на загальний результат. Це забезпечується заміною первинних значень часового ряду середнім арифметичним значенням всередині обраного періоду часу. Потім інтервал зсувається далі на одне значення і розрахунок середнього повторюється. При цьому період визначення середнього ("вікно") залишається незмінним. Чим ширше період згладжування, тим більш плавною буде лінія ковзного середнього.

Ковзні середні бувають різних видів (прості, зважені, експоненційно-зважені тощо), мають різні періоди згладжування, що дозволяє застосовувати їх для вирішення широкого кола задач: від статистичної обробки даних до прогнозування цін на фінансових ринках.

На рисунку 1 а) зображено дві контрольні карти Шухарта (середніх та розмахів) з нанесеними середніми значеннями результатів вимірювань (пунктирні лінії) та простими ковзними середніми з періодами згладжування $n = 3$ та $n = 6$. На рисунку 1 б) наведено ті ж контрольні карти Шухарта, але з нанесеними на них лініями експоненційно-зважених ковзних середніх з коефіцієнтами згладжування $\alpha = 0,5$ та $\alpha = 0,3$.

У загальному випадку формула побудови експоненційно-зваженого ковзного середнього має наступний вигляд:

$$S_i = \alpha \cdot \bar{X}_i + (1 - \alpha) \cdot S_{i-1}, \quad (1)$$

де S_i – поточне зважене значення кривої ковзного середнього,

α – коефіцієнт згладжування,

\bar{X}_i – поточне середнє значення результату вимірювання,

S_{i-1} – попереднє зважене значення кривої ковзного середнього.

Ваговий коефіцієнт α встановлює швидкість "старіння" попередніх даних – чим більше його значення, тим більшу вагу має останній результат вимірювання, і тим меншу попередні результати.

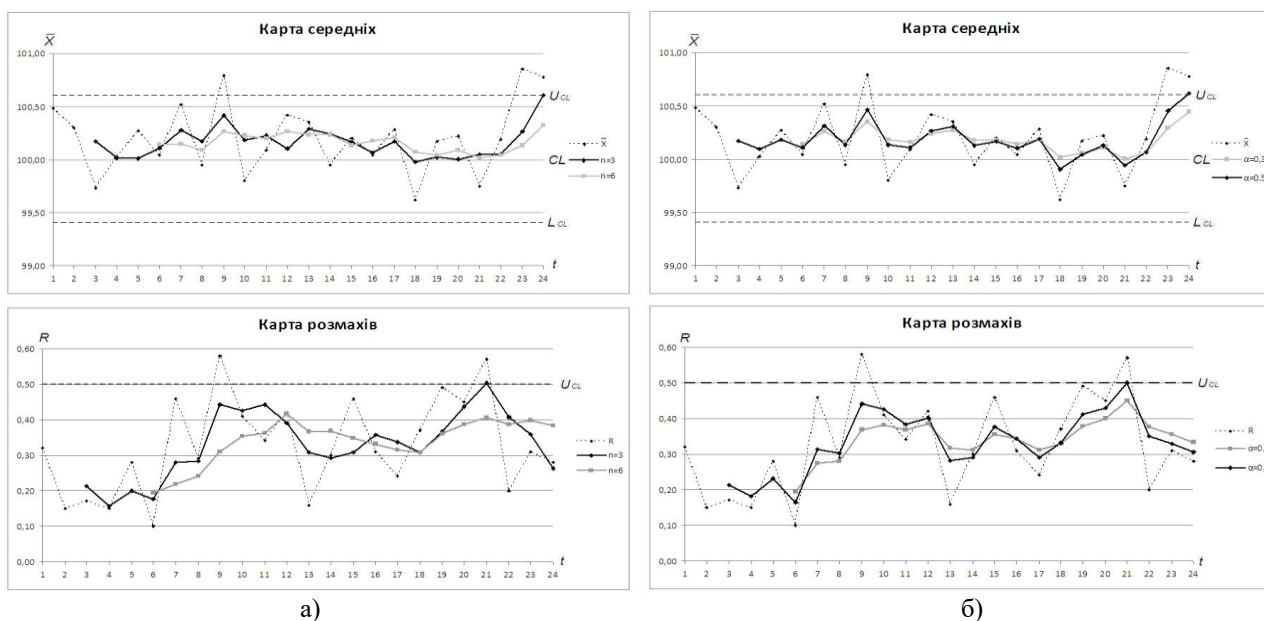


Рисунок 1 – Приклад контрольних карт Шухарта (середніх та розмахів) з нанесеними лініями ковзних середніх

Figure 1 - An example of control maps of Shewhart (medium and large) with applied lines of moving averages

Як видно з рисунка 1, використання ковзних середніх дійсно дозволило згладити "промах", який виник на дев'ятому етапі. Можна сказати, що одночасне використання контрольних карт Шухарта та ковзних середніх може давати достовірні сигнали про необхідність проведення калібрування еталонів (або ЗВТ), за умови правильного підбору параметрів n і α . Використання кількох ковзних середніх одного або різних видів, з

однаковими або різними параметрами згладжування, їх перетину (або відсутності таких) та інструментів прогнозування (моделювання, екстраполяція тощо) може бути покладено в основу методу, на основі якого можна обґрунтовано розробити критерії визначення необхідності проведення калібрування еталонів та ЗВТ або змінити вже встановлені міжкалібрувальні інтервали.

5. Результати і обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування контрольних карт Шухарта з нанесенням на них ліній ковзних середніх, за певних умов, може давати вчасні та достовірні сигнали про необхідність проведення калібрування еталонів та ЗВТ, що використовуються лабораторіями.

6. Висновки

Запропонований підхід дає змогу створити інструментарій прогнозування, що забезпечить завчасне попередження користувача про необхідність проведення повторного калібрування еталона чи ЗВТ.

Подяка

Автор висловлює вдячність колективу Інституту національної метрологічної служби України ДП «Укрметртестстандарт» за надану допомогу та всемірне сприяння у підготовці даної статті.

Конфлікт інтересів

Фінансового або іншого можливого конфлікту, що стосується роботи, не існує.

Література

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».
2. Міжнародний словник основних і загальних термінів в метрології (VIM-3) – <http://www.oiml.org/publications/V/V002-200-e10.pdf>
3. ILAC-P10:01/2013 Політика ILAC з простежуваності результатів вимірювань.
4. DSTU ILAC-G24/OIML D 10:2013 Метрологія. Настанови щодо визначення міжкалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки.
5. DSTU ISO/IEC 17025:2006 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
6. DSTU ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
7. Критерії, яким повинні відповідати наукові метрологічні центри, державні підприємства, які належать до сфери управління Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та провадять метрологічну діяльність, та повірочні лабораторії, які уповноважуються або уповноважені на проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, затв. Наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 23.09.2015 № 1192, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 жовтня 2015 р. за № 1213/27658.
8. DSTU OIMLD 23:2008 Метрологія. Принципи метрологічного контролю обладнання для повірки.
9. DSTU ISO 7870-2:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта.
10. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А., Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.
11. Захарченко Н. И., Бизнес-статистика и прогнозирование в MS Excel. Самоучитель. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 208 с.

References

- [1] Law of Ukraine «On Metrology and Metrological Activity», no.1314-VII, (in Ukrainian), June 05, 2014.
- [2] International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM-3). [On-line]. Available: <http://www.oiml.org/publications/V/V002-200-e10.pdf>
- [3] ILAC-P10:01/2013 ILAC Policy on Traceability of Measurement Results. [On-line]. Available: https://www.enao-eth.org/publication_documents/ILAC_P10_01_2013_Measurement_Results.pdf
- [4] DSTU ILAC-G24/OIML D 10:2013 Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments. [On-line]. Available: <http://www.ff.bg.ac.rs/Kalibracija/dokumenta/OIML%20Guidelines.pdf>
- [5] ISO/IEC 17025:2005. General requirements for the testing and calibration laboratories. [On-line]. Available: <https://www.iso.org/standard/66912.html>.

- [6] ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. [On-line]. Available: <https://www.iso.org/standard/66912.html>.
- [7] Criteria, which must meet metrological centers, state enterprises belonging to the management of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine and conduct metrological activity, and verification laboratories that are authorized or authorized to carry out the verification of legally regulated measurement instruments in use (in Ukrainian).
- [8] OIML D 23:2008 Principles of metrological control of equipment used for verification. [On-line]. Available: <http://2013.oiml.org/publications/D/D023-e93.pdf>.
- [9] DSTU ISO 7870-2:2016 Control charts – Part 2: Shewhart control charts. [On-line]. Available: <https://www.iso.org/standard/40174.html>.
- [10] A. Greshilov, V. Stakun, A. Stakun, *Mathematical methods for constructing forecasts*, (in Russian), Moscow, RF: Radio and Communications, 1997.
- [11] N. Zakharchenko, *Business statistics and forecasting in MS Excel*, (in Russian), Moscow RF: Publ. house "Williams": 2004.