

# НОВИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

## NEW APPROACH TO DETERMINING THE NEED OF MEASURING EQUIPMENT CALIBRATION

*Потоцький Ігор,*

*начальник науково-технічного відділу 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*

<https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.02.060>

**Анотація.** Запропоновано новий підхід до визначення необхідності вчасного проведення калібрувань еталонів та засобів вимірювальної техніки з метою забезпечення метрологічної простежуваності результатів вимірювань. Підхід оснований на використанні контрольних карт Шухарта із нанесенням на них ковзних (рухомих) середніх. Розглянуто приклад застосування ковзних середніх для вирішення поставленого завдання.

**Ключові слова:** калібрування, засіб вимірювальної техніки, еталон, міжкалібрувальний інтервал, простежуваність, контрольні карти Шухарта, ковзне середнє.

**Annotation.** 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.

**Key words:** calibration, measuring instrument, standard, intercalibration interval, traceability, Shewhart control charts, movable averages.

### Introduction

З набуттям чинності з 1 січня 2016 року нової редакції Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1] докорінно 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 у 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. Своєю чергою, ДСТУ ІЛАС-G24/OIML D 10 [4] наголошує на тому, що важливим аспектом підтримання спроможності лабораторії

отримувати простежувані та надійні результати вимірювань є визначення максимально допустимого періоду, який повинен пройти між двома періодичними калібруваннями еталонів і ЗВТ.

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

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

Водночас у п. 5.5.8 ДСТУ ISO/IEC 17025 [5] вказано, що для всього обладнання, яке використовує лабораторія і яке потребує калібрування, повинні бути визначені дати та критерії необхідності проведення повторного калібрування (у англійському варіанті стандарту зазначено «...the date of expiration criteria...», тобто «...дату чи критерій...»). І навіть більше, нова редакція ДСТУ ISO/IEC 17025 [6] передбачає наявність у лабораторії «Програми калібрування». Інакше кажучи, лабораторія повинна на власний розсуд встановити міжкалібрувальні інтервали для свого обладнання та/або впровадити певні критерії, за якими визначати потребу у здійсненні повторних калібрувань.

Не менш цікава ситуація із калібруванням еталонів та обладнання, які застосовують лабораторії метрологічної перевірки для перевірки 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 цих калібрувань прямо впливають на результати вимірювань у законодавчо регульованій сфері (зокрема, це стосується розрахунків за спожиті енергетичні та матеріальні ресурси). Згідно з п. 2.1 ДСТУ OIML D 23 [8] еталони, що застосовуються для перевірки законодавчо регульованих ЗВТ, повинні калібруватись щорічно, якщо не передбачено інше.

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

### Недоліки

Як калібрувальній лабораторії або користувачеві ЗВТ встановити обґрунтовані міжкалібрувальні інтервали чи критерії необхідності калібрування свого обладнання? Як довести потребу в збільшенні/зменшенні міжкалібрувальних інтервалів еталонів, що застосовують для перевірки законодавчо регульованих ЗВТ? Відсутність відповідей на ці запитання істотно ускладнює роботу калібрувальних, випробувальних та перевіряльних лабораторій та не може гарантувати простежуваність та надійних результатів вимірювання.

### Мета роботи

Необхідно розробити певний метод, використання якого могло б сигналізувати про потребу повторного калібрування еталонів та обладнання, що застосовують лабораторії.

### Матеріали та методи

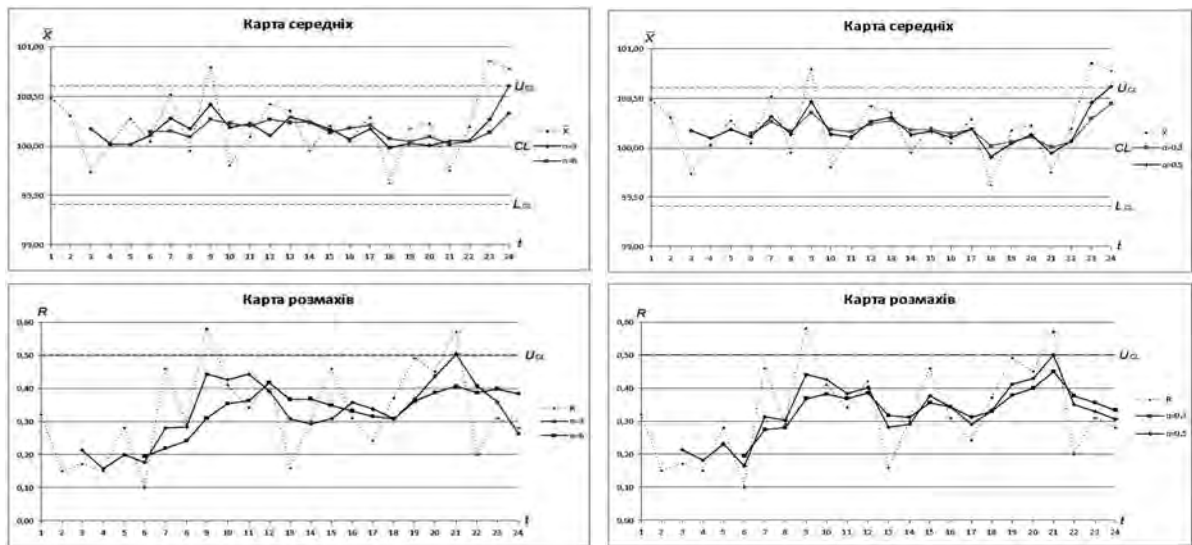
Для розроблення такого методу запропоноване спільне застосування контрольних карт Шухарта та інструментів статистичної обробки часових рядів, а саме – ковзного середнього (moving average).

Контрольні карти Шухарта, які запропонував доктор Уолтер Шухарт у 1924 р., 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]). Їх широко застосовують для контролю параметрів продукції та налагодження технологічних процесів, є багато різновидів та підходів до їх побудови. Але, за певних умов, на контрольних картах Шухарта можуть з'являтися «промахи», що призводить до прийняття неправильних рішень. Для того, щоб уникнути (або хоча б зменшити) впливу таких «промахів» на прийняття рішення та можливість прогнозування необхідності проведення калібрування вимірального обладнання, запропоновано наносити лінії ковзного середнього на контрольні карти Шухарта.

Ковзне середнє та його застосування доволі детально описані (наприклад, [10], [11]). Ковзне середнє може обчислюватись для довільних даних, але найчастіше його використовують в аналізованні часових рядів для згладжування раптових коливань та виявлення 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 вибраного періоду часу. Потім інтервал зсувається далі на одне значення і розрахунок середнього повторюється, а період визначення середнього («вікно») залишається незмінним. Чим ширший період згладжування, тим плавнішою буде лінія ковзного середнього.

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

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



а

б

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

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

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

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

де  $S_i$  – поточне зважене значення кривої ковзного середнього;  $a$  – коефіцієнт згладжування;  $\bar{X}_i$  – поточне середнє значення результату вимірювання;  $S_{i-1}$  – попереднє зважене значення кривої ковзного середнього.

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

Як видно з рисунка, використання ковзних середніх справді дало змогу згладити «промах», який виник на дев'ятому етапі. Є підстави стверджувати, 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  $a$ . 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 підставі якого можна обґрунтовано розробити критерії визначення необхідності калібрування еталонів та ЗВТ або змінити вже встановлені міжкалібрувальні інтервали.

## Результати й обговорення

Під час проведення 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 використовують лабораторії.

## 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 «Укрметрестандарт» за надану допомогу та всебічне сприяння у підготовці статті.

## Конфлікт інтересів

Фінансового або іншого можливого конфлікту стосовно роботи не існує.

## Список літератури

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

2. Міжнародний словник основних і загальних термінів в метрології (VIM-3)[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oiml.org/publications/V/V002-200-e10.pdf>

3. ILAC-P10:01/2013. Політика ILAC з простежуваності результатів вимірювань.

4. ДСТУ ILAC-G24/OIML D 10:2013. Метрологія. Настанови щодо визначення міжкалібрувальних інтервалів засобів виміральної техніки.

5. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

6. ДСТУ 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 перевіряльні лабораторії, які уповноважуються або уповноважені на проведення перевірки законодавчо регульованих засобів виміральної 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. ДСТУ OIML D 23:2008. Метрологія. Принципи метрологічного контролю обладнання для повірки.

9. ДСТУ ISO 7870-2:2016. Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта.

10. Грешілов А. А. Математические методы построения прогнозов / А. А. Грешілов, В. А. Стакун, А. А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.

11. Захарченко Н. И. Бизнес-статистика и прогнозирование в MS Excel: самоучитель / Н. И. Захарченко. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 208 с.

## References

1. Law of Ukraine «On Metrology and Metrological Activity» (In Ukrainian).

2. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM-3) – <http://www.oiml.org/publications/V/V002-200-e10.pdf>

3. ILAC-P10:01/2013. ILAC Policy on Traceability of Measurement Results.

4. DSTU ILAC-G24/OIML D 10:2013. Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments.

5. DSTU ISO/IEC 17025:2006. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

6. DSTU ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

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. DSTU OIML D 23:2008. Principles of metrological control of equipment used for verification.

9. DSTU ISO 7870-2:2016. Control charts – Part 2: Shewhart control charts.

10. Greshilov A., Stakun V., Stakun A., Mathematical methods for constructing forecasts. – M.: Radio and Communications, 1997. – 112 p. (In Russian).

11. Zakharchenko N., Business statistics and forecasting in MS Excel. Self-teacher. – M.: Publishing house "Williams", 2004. – 208 p. (In Russian).