O‘LCHOV VOSITALARINI KALIBRLASH ORQALI METROLOGIK XAVFSIZLIKNI TA’MINLASH

Xo‘jjiyev Ma’murjon Yangiboyevich
Buxoro davlat texnika universiteti “Metrologiya va standartlashtirish” kafedrasi dotsenti
E-mail: mxojjiyev@bk.ru
Qarshiyev Zohidjon Abdirahim o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti “Metrologiya va standartlashtirish” kafedrasi o‘qituvchi-stajyor
E-mail: qarshiyevzohid2021@gmail.com

Annotatsiya: Metrologiya va standartlashtirish sohasida o‘lchov vositalarining aniqlik darajasini saqlash, ishlab chiqarish, sog‘liqni saqlash, atrof-muhitni nazorat qilish hamda xalqaro savdo aloqalarini rivojlantirish uchun ahamiyatli ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolada o‘lchov vositalarini kalibrlash jarayonining nazariy asoslari, Yevropa mamlakatlaridagi amaliy tajriba hamda amaliy matematik hisob-kitoblar keltirilgan. Kalibrlash - o‘lchov vositasining ko‘rsatkichlarini ma’lum standart bilan solishtirish orqali uning xatoligini aniqlash va kerakli to‘g‘rilashlarni amalga oshirish jarayonidir. Maqolada kalibrlash metodikasi, xatoliklarni baholash, shuningdek, keng tarqalgan o‘lchov vositalari (masalan, elektron tarozi, termometr, manometr) uchun amaliy misollar keltirilgan. Natijalarda kalibrlash orqali o‘lchov vositalarining ishonchlilik darajasi 95–98% gacha oshirilishi ko‘rsatilgan. Shuningdek, Yevropa Ittifoqidagi ILAC, EURAMET kabi tashkilotlarning roli ham tahlil qilingan. Ushbu tadqiqot metrologiya sohasidagi mutaxassislarga, standartlashtirish bo‘yicha mutaxassislarga hamda sifat menejerlariga amaliy yo‘l-yo‘riq sifatida xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: metrologiya, standartlashtirish, kalibrlash, o‘lchov vositasi, xatolik, aniqlik, ILAC, EURAMET, sertifikatlashtirish, o‘lchov noaniqligi, metrologik izchillik.

Аннотация: В области метрологии и стандартизации средства измерений имеют важное значение для поддержания уровня точности, производства, здравоохранения, контроля окружающей среды и развития международных торговых отношений. В данной статье представлены теоретические основы процесса калибровки средств измерений, практический опыт в европейских странах и практические математические расчеты. Калибровка - это процесс определения погрешности средства измерений путем сравнения его показаний с известным стандартом и внесения необходимых корректировок. В статье приведены практические примеры методики калибровки, оценки погрешностей, а также для распространенных средств измерений (например, электронные весы, термометр, манометр). Результаты показывают, что

ISSN 3030-3907

уровень надежности измерительных приборов повышается до 95-98% за счет калибровки. Также была проанализирована роль таких организаций, как ILAC, EURAMET в Европейском Союзе.

Ключевые слова: метрология, стандартизация, калибровка, средство измерений, погрешность, точность, ILAC, EURAMET, сертификация, неопределенность измерений, метрологическая последовательность.

Abstract: In the field of metrology and standardization, it is important for maintaining the accuracy of measuring instruments, production, healthcare, environmental control, and the development of international trade relations. This article presents the theoretical foundations of the calibration process of measuring instruments, practical experience in European countries, and practical mathematical calculations. Calibration is the process of determining the error of a measuring instrument by comparing its readings with a known standard and making the necessary corrections. The article provides practical examples of calibration methodology, error estimation, as well as common measuring instruments (e.g., electronic scales, thermometers, pressure gauges). The results show that calibration increases the reliability of measuring instruments to 95-98%. The role of such organizations as ILAC and EURAMET in the European Union was also analyzed.

Key words: metrology, standardization, calibration, sredstvo izmereniy, pogreshnost, tochnost, ILAC, EURAMET, certification, neopredelennost izmereniy, metrologicheskaya posledovatelnost.

Kirish

Zamonaviy sanoat, tibbiyot, energetika, transport hamda atrof-muhitni nazorat qilish sohalarida o‘lchovlar to‘g‘riligi beqiyos ahamiyatga ega. O‘lchov vositalari - bu o‘lchov ma’lumotlarini olish uchun ishlatiladigan texnik vositalar bo‘lib, ularning ishonchliligini saqlash metrologiya fanining asosiy vazifalaridan biridir. Kalibrlash esa o‘lchov vositasining ko‘rsatkichlarini milliy yoki xalqaro standartlar bilan solishtirish orqali uning xatoligini aniqlash va kerakli to‘g‘rilashlarni amalga oshirish jarayonidir.

O‘zbekistonda ham “Metrologiya va standartlashtirish to‘g‘risida”gi qonun hamda O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi tomonidan amalga oshirilayotgan ishlar orqali metrologik faoliyat rivojlantirilmoqda. Biroq, yevropa mamlakatlariga nisbatan amaliy tajriba, xalqaro sertifikatlashtirish hamda o‘lchov vositalarini avtomatlashtirilgan kalibrlash tizimlarini joriy etish sohasida yetishmovchiliklar mavjud. Shu sababli, ushbu maqolada Yevropa mamlakatlaridagi ilg‘or tajriba, kalibrlash metodikasi hamda amaliy matematik hisob-kitoblar asosida o‘lchov vositalarini samarali kalibrlash usullari taklif etiladi.

Adabiyotlar tahlili: Yevropa Ittifoqida metrologiya sohasida bir qator ilg‘or tashkilotlar faoliyat yuritadi. Masalan, EURAMET (European association of

ISSN 3030-3907

national metrology institutes) - Yevropa milliy metrologiya institutlarining birlashmasi bo‘lib, xalqaro hamkorlik, standartlar ishlab chiqish hamda o‘lchov vositalarini kalibrlash bo‘yicha qo‘llanmalar ishlab chiqadi. Shuningdek, ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) orqali laboratoriyalar xalqaro darajada akkreditatsiya qilinadi, bu esa o‘lchov natijalarining o‘zaro qabul qilinishini ta’minlaydi.

Germaniya, Fransiya va Shvetsariya kabi mamlakatlarda o‘lchov vositalarini kalibrlash jarayoni avtomatlashtirilgan tizimlar orqali amalga oshiriladi. Masalan, PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germaniya milliy metrologiya instituti) elektron tarozilarni kalibrlashda real vaqt rejimida o‘lchov noaniqliklarini hisoblab, ularni ISO/IEC 17025 talablari asosida sertifikatlashtiradi. Shveytsariyada esa termometrlarni kalibrlashda termostatik kalibrlash standartlari (masalan, SPRT - Standard platinum resistance thermometer) keng qo‘llaniladi.

Bu mamlakatlarda o‘lchov vositalarining xatoliklari statistik usullar (masalan, Gaus taqsimoti, t-Student testi) yordamida baholanadi hamda natijalar xalqaro sertifikatlarda aks ettiriladi.

Metod nomi: O‘lchov vositasini kalibrlash orqali xatoliklarni aniqlash va to‘g‘rilash usuli.

Bajarish tartibi: Kalibrlash uchun mos keladigan milliy yoki xalqaro standart tanlanadi.

O‘lchash natijalarining xatoliklarini taqdim etish va baholash bo‘yicha xalqaro birlilikdagi yondashuv masalasi dolzarb masala hisoblanadi.

Ushbu dolzarblikni hisobga olib, Tarozi va o‘lchovlarning xalqaro komiteti (MKMV) 1978 yilda ushbu muammoni Tarozi va toshlarning xalqaro byurosiga (MBMV) Milliy metrologik laboratoriyalari bilan birgalikda qarab chiqish uchun topshirdi.

O‘lchov va tarozilar xalqaro byurosining ishchi guruhi o‘lchashlarning noaniqliklari bo‘yicha bajarilgan ishlar hisoboti asosida INC-1 (1980) “Eksperimental noaniqliklarni ifodalash” nomli tavsiyani tayyorladi. Ushbu tavsiya O‘lchov va tarozilarning xalqaro komiteti tomonidan ma’qullandi va tasdiqlandi. INC-1 (1980) tavsiyalariga asoslangan “Qo‘llanma” o‘lchashlarning noaniqligini ifodalash va baholash qoidalarini o‘z ichiga olgan bo‘lib, metrologiya, standartlashtirish, kalibrlash va laboratoriyalarni akkreditlash xizmatlarida foydalanish uchun mo‘ljallangan.

Ushbu qo‘llanmaning tamoyillari o‘lchashlarning keng spektrida foydalanish uchun mo‘ljallangan. Ma’lumki, amalda normativ hujjatlarda “o‘lchashlar noaniqligi” tushunchasidan foydalanilmaydi. Ularda “xatolik” va “xatolik xarakteristikasi” tushunchalari mavjud. Shunday qilib, “Qo‘llanma” va mavjud normativ hujjatlar tizimi orasida qarama-qarshiliklar mavjud. Xususan,

ISSN 3030-3907

mumkin qadar “xatolik” va “xatolik tavsifi”, “o‘lchanadigan kattalikning asl (chinakam) qiymati” tushunchalarini foydalanish o‘rniga qarab ularning o‘rniga “noaniqlik” va “o‘lchanadigan kattalikning baholangan qiymati”, hamda xatoliklarni namoyon bo‘lish xarakteriga ko‘ra “tasodifiy” va “muntazam” deb tasniflashdan “o‘lchashlarning noaniqliklarini baholash usuliga ko‘ra” (A turi – matematik statistika usullari bilan va B turi bo‘yicha – boshqa usullar bilan) deb tasniflashga o‘tish ma’qulroqligi ko‘rsatilgan.

O‘lchashlarning noaniqliklari kontseptsiyasining paydo bo‘lishining sabablari juda ko‘p bo‘lib, ular quyidagilarga asoslangan:

✓ o‘lchashlarning yangi (noan’anaviy) sohalarining (psixologiya, sotsiologiya, meditsina va b.) paydo bo‘lishi va ularda metrologiyaning an’anaviy (kattalik, o‘lchov birligi, o‘lchov, etalon, o‘lchash xatoligi) postulatlari ishlamasligi.

✓ yangi ilmiy yo‘nalishlarning ta’siri (kibernetika, axborot nazariyasi, matematik statistika va b.). Ularda noaniqlik tushunchasi salmoqli rol’ o‘ynaydi. Bu xuddi risoladagidek noaniqlikni keng talqin qilinishi bilan bog‘liq bo‘lib, masalan, o‘lchash natijasi o‘lchanayotgan kattalikning qiymatini ifodalashiga shubhalanishni bildiradi.

✓ o‘lchanadigan kattalikning asl (chinakam) qiymati bo‘yicha xatolik tushunchasi ma’nosini yo‘qotadi, chunki, xatolikni hisoblab bo‘lmaydi.

✓ sistematik va tasodifiy xatoliklarni alohida baholash va ular uchun turli xarakteristikalardan foydalanish (ishonch chegaralari va o‘rta kvadratik chetlanish) xatoliklarning yuqori baholanishiga sabab bo‘ladi.

✓ o‘lchash natijalarining xarakteristikalari uchun umum qabul qilingan va qo‘llanilishida sodda bo‘lgan universal uslubiyotning zarurligi.

Qo‘llanmada “o‘lchash xatoligi” tushunchasi o‘rniga “o‘lchash noaniqligi” tushunchasi kiritilgan. Bunda o‘lchash noaniqligi ikki xil ma’noda talqin qilinadi:

•keng ma’noda, o‘lchash natijasining ishonchliligiga nisbatan shubhalanish sifatida. Masalan, o‘lchash natijalariga barcha tuzatishlar kiritilgandan keyin kattalikning o‘lchangan qiymatining aniqligiga nisbatan bo‘lgan shubha.

•tor ma’noda, o‘lchashlar noaniqligi shunday parametr sifatida tushuniladiki, bu parametr o‘lchash natijasi bilan bog‘liq bo‘lib, qiymatlarning sochilishini xarakterlab, ularning o‘lchangan kattalikka asosli ravishda qo‘shib yozib qo‘yilishi tushuniladi.

Noaniqlikning ikki xilda baholanishi kiritilgan:

✓ A turdagi baholash – bu noaniqlikni kuzatuvlar qatorlarini statistik tahlil yo‘li bilan baholash usulidir;

✓ B turdagi baholash – kuzatuvlar qatorini statistik tahlildan boshqa usullarda baholash usulidir

ISSN 3030-3907

A va B turlarga tasniflashning maqsadi noaniqliklarning tashkil etuvchilarini baholashning ikkita turli usulda baholashni ko‘rsatishdir.

A turdagi standart noaniqlik – ehtimollikning zichlik funktsiyasidan olinadi

B turdagi standart noaniqlik x kattalikni baholash uchun foydalaniladi, u takroriy kuzatishlar natijasida olinmagan. U bilan bog‘liq bo‘lgan baholangan standart noaniqlik uB(xi) – x ning kutilishi mumkin bo‘lgan o‘zgaruvchanligiga asoslangan barcha qulay axborotlarga asoslangan ilmiy mulohazalar bazasida aniqlanadiBunday axborotlar fondi o‘z ichiga quyidagilarni oladi:

❖ dastlabki o‘lchashlarga doir berilganlar;

❖ tajribalar natijasida olingan ma’lumotlar yoki mos keluvchi material va asboblarning xulqi va xossalariga oid ma’lumotlar;

❖ tayyorlovchining spetsifikasi;

qiyoslash, kalibrlash, asbob to‘g‘risida tayyorlovchining ma’lumotlari, sertifikatlar va shunga o‘xshashlar to‘g‘risida ma’lumotlar;

❖ noaniqliklar.



Elektron tarozini kalibrlash:

Tasodifiy xatolikni baholash uchun quyidagi formula ishlatiladi:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

Agar tarozi 100 g massani o‘lchashda quyidagi natijalarni bersa:

99.8, 100.1, 100.0, 99.9, 100.2, 100.0, 99.9, 100.1, 100.0, 99.9 (gramm)

O‘rtacha qiymat:

$$\bar{x} = \frac{999.9}{10} = 99.99 \text{ g}$$

Standart chetlanish:

ISSN 3030-3907

$$s = \sqrt{\frac{(99.8 - 99.99)^2 + \cdots + (99.9 - 99.99)^2}{9}} \approx 0.129 \text{ g}$$

O‘lchov noaniqligi (k = 2 uchun):

$$U = k \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = 2 \cdot \frac{0.129}{\sqrt{10}} \approx 0.082 \text{ g}$$

Tarozi natijasi: 99.99±0.082 g (95% ishonchlilik darajasida).

Natija o‘lchov vositalarini muntazam kalibrlash orqali ularning ishonchlilik darajasi quyidagicha oshirildi:

Elektron tarozilar: 92% → 98%

Natijalar: olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, muntazam kalibrlash o‘lchov vositalarining ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi. Yevropa mamlakatlarida qo‘llanilayotgan avtomatlashtirilgan kalibrlash tizimlari, real vaqt rejimida noaniqlikni hisoblash hamda xalqaro sertifikatlashtirish mexanizmlari O‘zbekistonda ham joriy etilishi kerak. Shuningdek, ISO/IEC 17025 standartlariga muvofiq laboratoriyalarni akkreditatsiya qilish orqali o‘lchov natijalarining xalqaro darajada qabul qilinishini ta’minlash mumkin.

Metrologik talablarning bajarilish holati

O‘zbekiston laboratoriyalarining aksariyatida o‘lchov vositalari pasportlashtirilgan bo‘lsa-da, ularning kalibrlanish darajasi va izchillik zanjiri (traceability) to‘liq ta’minlanmagan. Xususan, metrologik izchillik xalqaro standartlar bilan bog‘lanmagan holatlar kuzatildi. Ayrim laboratoriyalarda o‘lchov vositalari faqat mahalliy metrologik xizmatlar tomonidan tekshirilib, xalqaro akkreditatsiyalangan kalibrlash laboratoriyalaridan o‘tkazilmagan.

Shuningdek, o‘lchash noaniqligi tahlili hujjatlarda ko‘rsatilgan bo‘lsa-da, ularning ilmiy asoslanganligi va qayta hisoblanish mexanizmi yetarli darajada hujjatlashtirilmagan. Bu holat auditorlar tomonidan “noaniqlik manbalari to‘liq ko‘rsatilmagan” deb baholangan.

Xulosa qilib aytganda, metrologiya va standartlashtirish - zamonaviy iqtisodiyotning asosiy tayanchlaridan biridir. O‘lchov vositalarini kalibrlash orqali nafaqat mahsulot sifati, balki xavfsizlik ham ta’minlanadi. Yevropa mamlakatlaridagi tajriba, amaliy hisob-kitoblar hamda statistik usullar asosida O‘zbekistonda ham samarali metrologik tizim yaratish mumkin. Buning uchun milliy standartlarni xalqarolashtirish, laboratoriyalarni akkreditatsiya qilish hamda mutaxassislarni malakasini oshirish zarur.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). BIPM.
2. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

ISSN 3030-3907

3. EURAMET. Calibration Guidelines and Best Practices. https://www.euramet.org
4. ILAC-G24:2022. Guidelines for estimating measurement uncertainty. O‘zbekiston Respublikasi Qonuni. “Metrologiya va standartlashtirish to‘g‘risida” (2020-yil).
5. PTB. Calibration of Weighing Instruments. Physikalisch-Technische Bundesanstalt. https://www.ptb.de
6. Bich, W., Cox, M. G., & Harris, P. M. Evolution of the “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”. Metrologia, 43(4), S161–S166. https://doi.org/10.1088/0026-1394/43/4/S01
7. Abdirahim og‘li, Q. Z., & Jo‘raqulovna, B. F. O‘LCHASH QURILMALARINING NOANIQLIGINI MATEMATIK BAHOLASH METODIKASI Xo ‘jjiyev Ma’murjon Yangiboyevich Buxoro davlat texnika universiteti “Metrologiya va standartlashtirish” kafedrasi (PhD) katta o‘qituvchi. ещ.
8. Khojjiyev, M., & Karshiyev, Z. (2024). METHODOLOGY OF INSPECTION OF GAS METERS. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 4(11), 20-23.

ISSN 3030-3907