



KONTAKTLI TERMOMETRLARNING ETALONLASH USULLARI VA ULARNING METROLOGIK XUSUSIYATLARI.

Hajiyev Nurbek Matyakubovich

*O'zbekiston milliy metrologiya institute davlat muassassasi Xorazm filiali
boshlig'i*

G'aibnazarov Boburjon Usmonjon o'g'li

*O'zbekiston milliy metrologiya institute davlat muassassasi Xorazm filiali
mutaxassisi*

Annotatsiya: Ushbu maqolada kontaktli termometrlarni etalonlashning zamonaviy usullari va ularning metrologik xususiyatlari o'rganiladi. Termometrlarning turli turlari, jumladan, suyuqlik kengayishiga asoslangan termometrlardan tortib, termojuftlar va platina qarshilik termometrlargacha ko'rib chiqiladi. Etalonlash jarayonida aniqlik va ishonchlilikni ta'minlash uchun qo'llaniladigan metodlar tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: kontaktli termometrlarni etalonlash, metrologiya, qarshilik termometrlari, termojuftlar, aniqlik, noaniqlik.

Аннотация: В данной статье рассматриваются современные методы калибровки контактных термометров и их метрологические характеристики. Анализируются различные типы термометров, от термометров на основе жидкостного расширения до термопар и платиновых термометров сопротивления. Рассматриваются методы, применяемые для обеспечения точности и надежности в процессе калибровки.

Ключевые слова: калибровка контактных термометров, метрология, термометры сопротивления, термопары, точность, неопределенность.



Annotation: *This article explores modern calibration methods for contact thermometers and their metrological characteristics. Various types of thermometers are examined, ranging from liquid expansion thermometers to thermocouples and platinum resistance thermometers. The methods used to ensure accuracy and reliability during the calibration process are analyzed.*

Keywords: *contact thermometer calibration, metrology, resistance thermometers, thermocouples, accuracy, uncertainty.*

Haroratni o'lchash zamonaviy ilmiy tadqiqotlar va sanoat jarayonlarida muhim ahamiyatga ega. Kontaktli termometrlarni qo'llash haroratni aniq va ishonchli o'lchashni ta'minlaydi, ammo bu jarayonda metrologik xususiyatlar va etalonlash usullarining to'g'ri tanlanishi hal qiluvchi rol o'ynaydi. Kontaktli termometrlarni etalonlash ularning o'z haroratini aniq ko'rsatishi va o'lchanayotgan ob'ektning haroratiga mos kelishini ta'minlash uchun zarurdir. Ushbu sohada G'arbiy Afrika Sifat Tizimi Dasturi (PSQAO) tomonidan ishlab chiqilgan "ECOMET Guide d'étalonnage" hujjati muhim yo'l-yo'riq sifatida xizmat qiladi. Ushbu hujjatda termometrlarni etalonlashning texnik jihatlari, noaniqlikni baholash va ulardan foydalanish shartlari batafsil bayon etilgan. Harorat o'lchashning asosiy muammolaridan biri shundaki, kontaktli termometr har doim faqat o'zining haroratini o'lchaydi. Shu sababli, o'lchanayotgan muhit bilan termometr o'rtasidagi harorat farqini minimallashtirish uchun maxsus usullar qo'llaniladi. Masalan, termometrning muhit bilan issiqlik almashinuvini yaxshilash yoki o'lchov jarayonini tezkor ravishda amalga oshirish kabi choralar ko'riladi. Agar bu jihatlari e'tibordan chetda qolsa, o'lchov natijalarida sezilarli xatolar yuzaga kelishi mumkin. Kontaktli termometrlarni etalonlashning dolzarbligi nafaqat ilmiy tadqiqotlarda, balki sanoat, tibbiyot va qishloq xo'jaligi kabi sohalarda ham yuqori. Masalan, platina qarshilik termometrlari (PRT) va termojuftlar kabi asboblari yuqori aniqlik talab qilinadigan jarayonlarda keng



qo'llaniladi. Shu bilan birga, ushbu asboblarni to'g'ri etalonlash ularning metrologik xususiyatlarini aniqlash va o'lchov natijalarining xalqaro standartlarga muvofiqligini ta'minlash uchun zarurdir. Maqolada kontaktli termometrlarni etalonlashning asosiy usullari, ularning afzalliklari va cheklovlari, shuningdek, noaniqlikni baholash jarayonlari ko'rib chiqiladi. Bu jarayonlarda G'arbiy Afrika mintaqasida qo'llaniladigan ECOMET standartlari asos qilib olinadi. Ushbu standartlar termometrlarning turli turlarini, masalan, suyuqlik kengayishiga asoslangan termometrlarni, qarshilik termometrlarini va termojuftlarni etalonlashda qo'llaniladigan aniq qoidalarni belgilaydi.

Ushbu **maqolaning asosiy maqsadi** kontaktli termometrlarni etalonlashning zamonaviy usullarini o'rganish va ularning metrologik xususiyatlarini tahlil qilishdir. Maqola orqali termometrlarning turli turlarini etalonlashda qo'llaniladigan metodlarning samaradorligini baholash, shuningdek, o'lchov natijalarining aniqligi va ishonchliligini ta'minlash uchun zarur bo'lgan shart-sharoitlarni aniqlash ko'zda tutiladi. Shu bilan birga, G'arbiy Afrika Sifat Tizimi Dasturi (PSQAO) tomonidan ishlab chiqilgan ECOMET standartlariga asoslangan holda, ushbu jarayonlarda qo'llaniladigan texnik yondashuvlar va noaniqlikni hisoblash usullari tahlil qilinadi. Maqolaning maqsadi nafaqat nazariy jihatlarni yoritish, balki amaliy misollar orqali etalonlash jarayonining real sharoitlarda qanday amalga oshirilishini ko'rsatishdan iborat. Masalan, platina qarshilik termometrlari (PRT) va termojuftlarning etalonlash jarayonlari, ularning noaniqlik darajasini baholash va natijalarni xalqaro standartlarga muvofiqlashtirish kabi masalalar ko'rib chiqiladi. Bu jarayonlarda aniqlikni oshirish va xatolarni minimallashtirish uchun qo'llaniladigan usullar alohida e'tibor markazida bo'ladi.

Maqolaning maqsadiga erishish uchun quyidagi **vazifalar** belgilandi:

1. Kontaktli termometrlarni tasniflash va ularning xususiyatlarini o'rganish.

Turli xil termometrlarni, masalan, suyuqlik kengayishiga asoslangan termometrlarni, qarshilik termometrlarini va termojuftlarni sinchkovlik bilan



ko'rib chiqish va ularning tuzilishi, ish printsipli hamda qo'llanilish sohasini tahlil qilish.

2. Etalonlash usullarini aniqlash. ECOMET hujjatida keltirilgan etalonlash usullarini, xususan, taqqoslash usuli va harorat generatori yordamida o'lchovlarni amalga oshirish jarayonlarini batafsil tasvirlash.

3. Noaniqlikni baholash. Etalonlash jarayonida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan noaniqlik manbalarini aniqlash va ularni hisoblash usullarini ko'rsatish. Bu jarayonda issiqlik oqimlari, o'z-o'zini isitish va muhitning bir xilligi kabi omillarning ta'siri o'rganiladi.

4. Amaliy misollar tahlili. Hujjatda keltirilgan misollar, masalan, Pt100 termometrining 180°C da etalonlanishi yoki N-turi termojuftning 1000°C da sinovi asosida natijalarni tahlil qilish va xulosalar chiqarish.

5. Standartlarga muvofiqlikni ta'minlash. Etalonlash jarayonida xalqaro metrologiya standartlariga, xususan, ITS-90 (Xalqaro Harorat Shkalasi 1990) va IEC 60751 kabi standartlarga rioya qilishning ahamiyatini ko'rsatish.

Ushbu vazifalar orqali kontaktli termometrlarni etalonlashning nazariy va amaliy jihatlari chuqur o'rganiladi. Maqsad nafaqat ushbu jarayonning texnik tafsilotlarini ochib berish, balki undan foydalanuvchilar uchun foydali qo'llanma sifatida xizmat qiladigan ma'lumotlar taqdim etishdir. Masalan, termometrlarning saqlash va ishlatish shartlari, ularning mexanik barqarorligi va o'lchov aniqligiga ta'sir qiluvchi omillar alohida e'tibor bilan ko'rib chiqiladi. Maqolaning dolzarbligi shundaki, hozirgi kunda metrologik aniqlik talab qilinadigan sohalarda, masalan, farmatsevtika, energetika va oziq-ovqat sanoatida harorat o'lchovlarining ishonchliligi hayotiy ahamiyatga ega. Shu sababli, kontaktli termometrlarni etalonlash jarayonini takomillashtirish va standartlashtirish bo'yicha takliflar ishlab chiqish ham maqolaning muhim vazifalaridan biridir. Ushbu tadqiqot natijalari nafaqat ilmiy jamoatchilik, balki amaliyotchi mutaxassislar uchun ham foydali bo'lishi kutiladi.



Kontaktli termometrlarni etalonlashda **asosiy metod** sifatida taqqoslash usuli qo'llaniladi. Bu usul termometrning ko'rsatkichlarini xalqaro standartlarga muvofiq etalonlangan mos yozuvlar asbobi bilan solishtirishga asoslanadi. Ushbu jarayonda harorat generatori (masalan, termostatli vannalar yoki pechlar) va etalon termometrlardan foydalaniladi. Maqolada ushbu metodning asosiy bosqichlari va uni amalga oshirishda qo'llaniladigan texnik vositalar ko'rib chiqiladi.

1. Etalonlash vositalari. Etalonlash jarayonida quyidagi asbob-uskunalar ishlatiladi:

- *Etalon termometrlari:* Standart platina qarshilik termometrlari (SPRT), ikkilamchi platina qarshilik termometrlari (PRT) va sanoat platina qarshilik termometrlari (IPRT). Bu asboblarning metrologik jihatdan xalqaro standartlarga muvofiqligi tasdiqlangan bo'lishi kerak.
- *Harorat generatori:* Haroratni barqaror ushlab turish uchun termostatli vannalar (suv, silikon moyi yoki muzli suv aralashmasi bilan) yoki pechlardan foydalaniladi. Haroratning bir xilligi va barqarorligini ta'minlash uchun tenglashtiruvchi bloklar qo'llaniladi.
- *O'lchov asboblari:* Qarshilikni o'lchash uchun ko'priq o'lchagichlar, multimetrlar yoki ommetrlar, termojuftlar uchun esa mikrovoltmeterlar ishlatiladi. Ushbu asboblarning ham etalonlanganligi tasdiqlangan bo'lishi lozim.
- *Muz nuqtasi:* 0°C da etalonlash uchun muzli suv aralashmasi tayyorlanadi. Bu jarayonda distillangan suv va toza muzdan foydalaniladi, haroratning barqarorligi esa vaqt o'tishi bilan tekshiriladi.

2. Etalonlash jarayonining bosqichlari. Etalonlash jarayoni bir nechta muhim bosqichlardan iborat:

1. *Tayyorgarlik:* Termometrning jismoniy holati tekshiriladi (masalan, shikastlanish, ifloslanish yoki gradatsiyalarning o'qilishi). Etalon termometrning sertifikatini va uning 0°C da sinovi tekshiriladi. Agar anomaliya aniqlansa, asbob ta'mirlanmaguncha ishlatilmaydi.



2. *Harorat generatorining xarakteristikasi*: Vannalar yoki pechlarning bir xilligi (homogénéité) va barqarorligi (stabilité) tekshiriladi. Bu jarayonda ikkita bir xil sensor yordamida harorat farqlari o'lchanadi va noaniqlik hisoblanadi.

3. *Taqqoslash*: Etalon termometr va sinovdagi termometr bir xil harorat sharoitida o'lchanadi. Masalan, 0°C da muz nuqtasi yoki 180°C da termostatli vanna ishlatiladi. O'lchovlar bir necha marta takrorlanadi va o'rtacha qiymat olinadi.

4. *Noaniqlikni hisoblash*: O'lchov natijalarining noaniqligi turli omillar, masalan, harorat generatorining barqarorligi, o'z-o'zini isitish (autoéchauffement) va issiqlik oqimlari (fuites thermiques) hisobga olinib baholanadi.

3. Termometr turlariga ko'ra etalonlash.

- *Suyuqlik kengayish termometrlari*: Ushbu termometrlarni etalonlashda kengaygan ustunning tuzatilishi (correction de la colonne émergente) hisobga olinadi. Harorat nuqtalari tanlanadi va o'lchovlar immersiya chuqurligiga qarab tahlil qilinadi.

- *Qarshilik termometrlari*: Platina qarshilik termometrlari (masalan, Pt100) uchun qarshilik o'lchanadi va haroratga aylantiriladi. Bu jarayonda ikki, uch yoki to'rt simli ulanish tizimlari qo'llaniladi, o'z-o'zini isitish xatosi esa o'lchov oqimi (1 mA yoki 2 mA) o'zgartirilib minimallashtiriladi.

- *Termojuftlar*: Termojuftlarni etalonlashda issiqlik-elektromotor kuch (f.é.m.) o'lchanadi. Sovuq ulanish (jonction de référence) 0°C da ushlab turiladi, issiqlik oqimlari va materialning bir xilligi tekshiriladi.

4. Noaniqlikni baholash usullari.

Noaniqlikni hisoblashda GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) standartlariga amal qilinadi. Har bir noaniqlik manbai alohida baholanadi:

- *Takrorlanuvchanlik (répétabilité)*: Bir xil sharoitda o'lchovlarning tarqalishi.



- *Harorat generatorining barqarorligi:* Vaqt o'tishi bilan haroratning o'zgarishi.
- *Issiqlik oqimlari:* Sensor va muhit o'rtasidagi issiqlik almashinuvining ta'siri.
- *O'z-o'zini isitish:* Qarshilik termometrlarda oqimdan kelib chiqadigan harorat oshishi.

Masalan, Pt100 termometrini 180°C da etalonlashda noaniqlik 10 mK dan oshmasligi uchun har bir omil alohida hisoblanadi va umumiy noaniqlik $k=2$ koeffitsienti bilan kengaytiriladi.

Kontaktli termometrlarni etalonlash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar va ECOMET hujjatida keltirilgan amaliy misollar asosida bir qator **muhim natijalar qayd etildi**. Ushbu natijalar termometrlarning turli turlarini etalonlashda qo'llaniladigan usullarning samaradorligini va ularning metrologik xususiyatlarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

1. Suyuqlik kengayish termometrlari. Suyuqlik kengayishiga asoslangan termometrlarni etalonlashda immersiya chuqurligi va kengaygan ustunning tuzatilishi (correction de la colonne émergente) hal qiluvchi omillar sifatida aniqlandi. Masalan, -200°C dan 650°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida sinovlar o'tkazilganda, immersiya chuqurligi 10-15 sm bo'lishi issiqlik oqimlarini minimallashtirishda samarali ekanligi isbotlandi. O'lchovlarda takrorlanuvchanlik noaniqligi ($u_{\text{répétabilité}}$) 2 mK dan oshmasligi qayd etildi, bu esa ushbu turdagi termometrlarni past aniqlik talab qilinadigan sohalarda ishlatish uchun mos ekanligini ko'rsatdi.

2. Platina qarshilik termometrlari (Pt100). Platina qarshilik termometrlari (Pt100) 180,234°C haroratda etalonlanganda, qarshilik qiymati 168,432 Ω sifatida o'lchandi. Ushbu jarayonda qo'llanilgan ko'priq o'lchagich yordamida o'n marta o'lchov o'tkazildi va o'rtacha qiymatning standart og'ishi 2,2 m Ω ni tashkil etdi. Noaniqlikni baholashda quyidagi omillar hisobga olindi:



- Etalon qarshilikning noaniqligi: $0,25 \text{ m}\Omega$ ($k=2$).
- Ko‘prik o‘lchagichning noaniqligi: $0,15 \text{ m}\Omega$.
- Harorat generatorining bir xilligi: $\pm 8 \text{ mK}$, natijada standart noaniqlik $4,6 \text{ mK}$.

Umumiy kengaytirilgan noaniqlik ($k=2$) 24 mK ni tashkil etdi, bu Pt100 termometrlari yuqori aniqlik talab qilinadigan jarayonlarda ishonchli ekanligini tasdiqladi. Shu bilan birga, o‘z-o‘zini isitish effekti o‘lchov oqimi 1 mA da $2,1 \text{ mK}$ ni tashkil etdi, lekin bu ta’sir minimallashtirildi.

3. Termojuftlar (N-turi). N-turi termojuft 1000°C da etalonlanganda, issiqlik-elektromotor kuch (f.é.m.) $36249,6 \mu\text{V}$ sifatida o‘lchandi. Ushbu jarayonda ikkita R-turi termojuft etalon sifatida ishlatildi va sovuq ulanish 0°C da muz nuqtasi yordamida ushlab turildi. Natijalar quyidagicha bo‘ldi:

- Harorat generatorining harorati: $1000,55^\circ\text{C}$, standart noaniqlik $0,641^\circ\text{C}$.
- F.e.m. noaniqligi: $\pm 25 \mu\text{V}$, kengaytirilgan noaniqlik ($k=2$) $50 \mu\text{V}$.

Sinov jarayonida harorat generatorining bir xilligi $\pm 1,5^\circ\text{C}$ oralig‘ida o‘zgardi, bu termojuftlarning yuqori haroratlarda barqaror ishlashini tasdiqladi. Shu bilan birga, termojuft materialidagi bir xillikning buzilishi (hétérogénéités) noaniqlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi va bu omilni minimallashtirish uchun maxsus sinovlar tavsiya etildi.

4. Noaniqlikning umumiy tahlili. Noaniqlikni baholashda har bir termometr turi uchun alohida omillar ko‘rib chiqildi. Quyidagi jadval umumiy natijalarni aks ettiradi:

Termometr turi	Harorat ($^\circ\text{C}$)	O‘lchov natijasi	Kengaytirilgan noaniqlik ($k=2$)
Suyuqlik kengayish	0	0°C	$\pm 5 \text{ mK}$
Pt100	180,234	$168,432 \Omega$	$\pm 24 \text{ mK}$
Termo-juft (N-turi)	1000	$36249,6 \mu\text{V}$	$\pm 50 \mu\text{V}$

Ushbu natijalar shuni ko‘rsatadiki, har bir termometr turi o‘ziga xos qo‘llanilish sohasiga ega. Masalan, Pt100 termometrlari o‘rta harorat oralig‘ida (13 K dan



961°C gacha) yuqori aniqlikni ta'minlasa, termojuftlar yuqori haroratlarda (2500°C gacha) samaraliroqdir.

5. Amaliy ahamiyat. Natijalar asosida kontaktli termometrlarni etalonlash jarayonining sanoat va ilmiy tadqiqotlarda qo'llanilishi uchun bir qator tavsiyalar ishlab chiqildi:

- Harorat generatorining barqarorligi va bir xilligini muntazam tekshirish.
- Termojuftlarda issiqlik oqimlari va material bir xilligini nazorat qilish.
- Qarshilik termometrlarda o'z-o'zini isitish effektini minimallashtirish uchun oqimni optimallashtirish.

Ushbu natijalar ECOMET standartlariga muvofiq bo'lib, metrologik aniqlikni ta'minlashda muhim qadam hisoblanadi.

Xulosalar

Kontaktli termometrlarni etalonlash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar va ECOMET hujjatida keltirilgan ma'lumotlarni tahlil qilish natijasida quyidagi xulosalar chiqarildi. Ushbu xulosalar metrologik aniqlikni ta'minlash va termometrlarning turli turlarini samarali qo'llash bo'yicha muhim yo'nalishlarni belgilab beradi.

1. Etalonlash usullarining samaradorligi: Taqqoslash usuli kontaktli termometrlarni etalonlashda eng samarali yondashuv sifatida tasdiqlandi. Bu usul suyuqlik kengayish termometrlari, platina qarshilik termometrlari (PRT) va termojuftlar uchun mos bo'lib, harorat generatorlari yordamida aniq natijalarni ta'minlaydi. Masalan, Pt100 termometrining 180,234°C da 168,432 Ω qarshilik bilan o'lchanishi va ± 24 mK noaniqlik darajasi ushbu usulning yuqori ishonchliligini ko'rsatdi.

2. Termometr turlarining xususiyatlari: Har bir termometr turi o'ziga xos harorat oralig'i va aniqlik darajasiga ega ekanligi aniqlandi. Suyuqlik kengayish termometrlari -200°C dan 650°C gacha bo'lgan oralig'da ishlatilishi mumkin bo'lsa-da, ularning aniqligi ± 5 mK bilan cheklanadi. Platina qarshilik



termometrlari (masalan, Pt100) 13 K dan 961°C gacha yuqori aniqlik (24 mK) bilan ajralib turadi. Termojuftlar esa, xususan N-turi, 2500°C gacha bo'lgan yuqori haroratlarda $\pm 50 \mu\text{V}$ noaniqlik bilan samarali ishlaydi.

3. Noaniqlik manbalari: Etalonlash jarayonida noaniqlikning asosiy manbalari sifatida harorat generatorining bir xilligi va barqarorligi, issiqlik oqimlari, o'z-o'zini isitish effekti va termometr materialining bir xilligi aniqlandi. Masalan, termojuftlarda materialdagi bir xillikning buzilishi (hétérogénéités) noaniqlikka sezilarli ta'sir ko'rsatishi, bu esa maxsus sinovlarni talab qilishi ko'rsatildi. Qarshilik termometrlarda esa o'z-o'zini isitish effektini minimallashtirish uchun o'lchov oqimini optimallashtirish zarurligi ta'kidlandi.

4. Metrologik standartlarga muvofiqlik: Tadqiqot natijalari ITS-90 (Xalqaro Harorat Shkalasi 1990) va IEC 60751 kabi xalqaro standartlarga to'liq mos keladi. ECOMET hujjatida keltirilgan usullar ushbu standartlarni amalda qo'llash uchun ishonchli asos yaratadi. Masalan, N-turi termojuftning 1000°C da etalonlanishi va f.é.m. qiymatining $36249,6 \mu\text{V} \pm 50 \mu\text{V}$ sifatida aniqlanishi xalqaro metrologiya talablariga javob beradi.

5. Amaliy tavsiyalar: Tadqiqot asosida kontaktli termometrlarni etalonlash va ulardan foydalanishda quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

- Harorat generatorlarining bir xilligi va barqarorligini muntazam tekshirish zarur.
- Termojuftlarda issiqlik oqimlari va material bir xilligini nazorat qilish uchun qo'shimcha sinovlar o'tkazilishi lozim.
- Qarshilik termometrlarda o'z-o'zini isitish effektini kamaytirish uchun o'lchov oqimi 1-2 mA oralig'ida optimallashtirilishi kerak.
- Termometrlarni saqlashda mexanik shikastlanish va korroziyadan himoyalash choralari ko'rilishi zarur.

6. Kelajakdagi tadqiqotlar uchun yo'nalishlar: Ushbu tadqiqot termometrlarni etalonlashning asosiy jihatlarini qamrab olgan bo'lsa-da, yuqori haroratlarda



termojuftlarning uzoq muddatli barqarorligi va qarshilik termometrlarda o‘z-o‘zini isitish effektini yanada aniq modellashtirish bo‘yicha qo‘shimcha izlanishlar zarur. Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan etalonlash tizimlarini joriy etish jarayonning samaradorligini oshirishi mumkin.

Ushbu xulosalar kontaktli termometrlarni etalonlashning nazariy va amaliy jihatlarini yoritib, ularning metrologik xususiyatlarini aniqlashda muhim qadam bo‘ldi. Tadqiqot natijalari ilmiy jamoatchilik va sanoat mutaxassislari uchun foydali qo‘llanma sifatida xizmat qilishi mumkin. Natijalar G‘arbiy Afrika mintaqasida qo‘llaniladigan ECOMET standartlarining universal qo‘llanilishi mumkinligini tasdiqlaydi va metrologiya sohasida xalqaro hamkorlikni rivojlantirishga xizmat qiladi.

Ushbu maqola kontaktli termometrlarni etalonlashning zamonaviy usullari va ularning metrologik xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlandi. Tadqiqot jarayonida termometrlarning turli turlari – suyuqlik kengayish termometrlari, platina qarshilik termometrlari va termojuftlar – sinchkovlik bilan tahlil qilindi. ECOMET hujjatida keltirilgan usullar va amaliy misollar asosida etalonlash jarayonining aniqligi va ishonchliligi tasdiqlandi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, har bir termometr turi o‘ziga xos qo‘llanilish sohasiga ega bo‘lib, to‘g‘ri etalonlash ularning samaradorligini oshiradi. Ushbu tadqiqot metrologiya sohasidagi mutaxassislar uchun foydali ma’lumotlar taqdim etadi va kelajakda avtomatlashtirilgan etalonlash tizimlarini rivojlantirishga zamin yaratadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. ECOMET Guide d’étalonnage № 06: G-CAL-006-Thermometrie de contact. Programme Système Qualité de l’Afrique de l’Ouest (PSQAO), 2019.
2. Échelle Internationale de température de 1990 (EIT-90). Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). URL: <https://www.bipm.org/utls/common/pdf/its-90>



3. IEC 60751:2008. Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors. International Electrotechnical Commission.
4. IEC 60584-1:2013. Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances. International Electrotechnical Commission.
5. IEC 60584-3:2007. Thermocouples – Part 3: Extension and compensating cables – Tolerances and identification system. International Electrotechnical Commission.
6. IEC 62460:2008. Temperature – Electromotive force (EMF) tables for pure-element thermocouple combinations. International Electrotechnical Commission.
7. JCGM 100:2008. Évaluation des données de mesure – Guide pour l’expression de l’incertitude de mesure (GUM 1995 avec corrections mineures). Joint Committee for Guides in Metrology.
8. JCGM 200:2012. Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM, 3e édition). Joint Committee for Guides in Metrology.
9. Bau, B., & Kouassi, A. J. J. (2019). Coordination du Programme Système Qualité de l’Afrique de l’Ouest (PSQAO). Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).
10. Nyamba, D. (2019). Guides de métrologie: Préparation et validation par le Comité communautaire de métrologie de la CEDEAO (ECOMET). ONUDI/PSQAO.