# O‘ZBEKISTON METROLOGIYASI

ILIMIY-TEXNIK JURNAL

2026/1

Nanometry

Digital Transformation

Artificial Intelligence

Quantum Metrology




O'ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI

O‘ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI
UzNIM

# “O‘ZBEKISTON METROLOGIYASI” ILMIY-TEXNIK JURNAL

## Tahrir hay’ati

### Hay’at raisi:

***A.R. Jumanazarov***
O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi direktori, PhD

### Hay’at raisi o‘rinbosarlari:

***L.F. Saidoripov***
O‘zbekiston milliy metrologiya instituti direktori, Bosh muharrir

***N.S. Mamadaliyeva***
O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi direktori maslahatchisi, fan doktori, professor

### Tahrir kengashi a’zolari/Tahririyat a’zolari:

- ***Salimov Oqil Umurzoqovich***, t.f.d., professor, akademik
- ***Negmatov Soibjon Sadikovich***, t.f.d., professor, akademik
- ***Yusufbekov Nodirbek Rustambekovich***, t.f.d., professor
- ***Tuychiyev Olimjon Alijonovich***, t.f.d., DSc
- ***Kalandarov Palvan Iskandarovich***, t.f.d., professor
- ***Ikramov Gani Ikramovich***, t.f.d., professor
- ***Matyakubova Paraxat Mayliyevna***, t.f.d., professor
- ***Maxmudov Hikmat Maxamatovich***, DSc
- ***Abduqayumov Abdurauf Abdurashidovich***, PhD
- ***Babashev Kutlimurat Aytmuratovich***, t.f.n., dotsent
- ***Usmonqulov Sharofjon Qodirqulovich***, bo‘lim boshlig‘i
- ***Masharipov Shodlik Masharipovich***, PhD
- ***Mamarasulov Xasan Kayumovich***, t.f.n.
- ***Raymjonov Nuriddin Alijonovich***, O‘zMMI bosh metrolog
- ***Klimushin Gennadiy Eduardovich***, O‘zMMI bosh mutaxassis
- ***Ismatullayev Sheroz Xamidullayevich***, O‘zMMI bo‘lim boshlig‘i
- ***Tulyaganova Sevara Tulkunovna,*** O‘zMMI muharrir

Manzil: O‘zbekiston Toshkent sh., Olmazor tumani, Farobiy k., 333A
Pochta indeksi: 100174
E-mail: info@nim.uz
Web-sayt: https://nim.uz/
Nashr O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan 2025-yil 28-mayda 794968 raqami bilan ro‘yxatga olingan.
ISSN _____
Bichimi 60x90 1/8



# METROLOGIYA SOHASIDA ISLOHOTLAR – SIFAT INFRATUZILMASINI RIVOJLANTIRISHNING USTUVOR YO‘NALISHI

Joriy yilning 12-fevral kuni Prezident Shavkat Mirziyoyev texnik tartibga solish sohasini xalqaro talablar asosida tubdan yangilash yuzasidan taqdimot bilan tanishgan edi. Taqdimotda qayd etilganidek, so‘nggi to‘rt yilda milliy standartlarning yarmi xalqaro talablarga to‘liq uyg‘unlashtirildi. Mamlakatimiz akkreditatsiya tizimi 185 ta davlat orasida 29-o‘rinni egalladi. Milliy laboratoriyalar natijalari Germaniya, Koreya va Yaponiya kabi 37 ta davlat tomonidan tan olina boshladi.

Ushbu yig‘ilishning amaliy natijasi sifatida 2026-yil 16-fevral kuni O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan imzolangan “Texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlarni ilg‘or xalqaro amaliyot asosida jadallashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-25-sonli Farmoni qabul qilindi va farmon mamlakatimizda metrologiya tizimini tubdan yangilash va milliy mahsulotlarimizning jahon bozorlarida munosib o‘rin egallashi yo‘lidagi tarixiy qadam bo‘ldi. Bu o‘z navbatida O‘zbekiston milliy metrologiya instituti jamoasiga katta mas’uliyat yuklaydi.

Bugungi globallashuv davrida har qanday davlatning iqtisodiy qudrati nafaqat ishlab chiqarish hajmi, balki mahsulot va xizmatlarning xalqaro talablarga qanchalik muvofiqligi bilan o‘lchanadi. Prezidentimiz ta’kidlaganlaridek, “Sifat bo‘lmasa, raqobat bo‘lmaydi”. Zero, mazkur farmon aynan shu maqsadga – milliy iqtisodiyotni sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqishga xizmat qiladi. Mazkur farmon nafaqat texnik tartibga solish sohasini modernizatsiya qiladi, balki o‘lchashlar



aniqligi va ishonchliligini ta'minlash orqali iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida sifat infratuzilmasini mustahkamlaydi.

Farmonning eng muhim yo'nalishlaridan biri sanoatda to'liq xalqaro standartlarni qo'llashga o'tishdir. O'zbekistonning Jahon savdo tashkilotiga (JST) a'zo bo'lish yo'lidagi intilishlari texnik tartibga solish tizimini xalqaro mezonlarga (TBT va SPS bitimlari) 100 foiz muvofiqlashtirishni talab etadi. Bu muhim jarayonni samarali tashkil etishga O'zbekiston milliy metrologiya institutining malakali mutaxassislari o'zlarining munosib hissalarini qo'shish borasida sa'y-harakatlarini boshlab yuborganlarini ta'kidlab o'tish joiz.

Joriy yilda soha infratuzilmasini rivojlantirish uchun davlat tomonidan 250 milliard so'm mablag' ajratilgani davlatimizning ushbu sohaga bo'lgan yuksak e'tiboridan dalolat beradi. Ushbu mablag'lar evaziga 19 ta yangi yuqori aniqlikdagi davlat etalonlari xarid qilinadi. Bu esa milliy kalibrlash va o'lchash imkoniyatlarini 2,5 barobarga oshirib, O'zbekistonda qayd etilgan o'lchash natijalari dunyoning istalgan nuqtasida tan olinishiga zamin yaratadi.

Farmonda raqamlashtirish masalasiga ham alohida urg'u berilgan. "Texnik tartibga solish" milliy axborot tizimining ishga tushirilishi orqali metrologik xizmatlar, kalibrlash va attestatsiya jarayonlari elektron shaklga o'tkaziladi. Bu inson omilini qisqartirib, shaffoflikni ta'minlaydi hamda tadbirkorlar uchun qulaylik yaratadi. Shu bilan birga, sohada kadrlar salohiyatini oshirish masalasi ham dolzarb vazifalardan biri sifatida belgilangan. Xalqaro ta'lim dasturlari asosida yangi avlod metrolog mutaxassislarini tayyorlash – kelgusidagi barqaror rivojlanishning muhim omilidir.

Xulosa o'rnida aytish mumkinki, metrologiya sohasi faqat texnik yo'nalish sifatida emas, balki aholi hayoti va sog'lig'ini ta'minlashda muhim omil sifatida qaraladi. Oziq-ovqat mahsulotlari, dori-darmon vositalari, qurilish materiallari va boshqa muhim mahsulotlar sifati va xavfsizligi bevosita aniq o'lchashlarga bog'liq. O'zbekiston milliy metrologiya instituti jamoasi oldiga qo'yilgan asosiy vazifa aniq: har bir o'lchashda ishonch, har bir mahsulotda sifat va har bir qarorda xalqaro mezonlarga moslikni ta'minlash.



*O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Texnik jihatdan tartibga solish agentligi hamda uning tizim tashkilotlarida faoliyat yurituvchi fidoyi va bilimli ayol xodimlar 2025–2026 yillar davomida turli nufuzli mukofotlarga sazovor bo‘ldilar.*

*Bugungi kunda agentlik tizimida xotin-qizlar uchun barcha zarur shart-sharoitlar yaratilgan bo‘lib, ularning kasbiy o‘sishi, salohiyatini to‘liq namoyon etishi va jamiyatdagi faol ishtirokini ta’minlashga alohida e’tibor qaratilmoqda.*

*Ayollarimizning mehnati, mas’uliyati va yuksak salohiyati e’tirof etilayotgani, ularga ko‘rsatilayotgan e’tibor va g‘amxo‘rlikning yaqqol ifodasidir.*

*Barcha mukofot sohibalarini samimiy muborakbod etamiz! Ularga mustahkam sog‘liq, oilaviy baxt-saodat va kelgusi faoliyatlarida ulkan zafarlar tilaymiz.*



**Mamadaliyeva Noibaxon Saidaminovna** – O‘zbekiston Texnik jihatdan tartibga solish agentligi direktorning ma’naviy-ma’rifiy ishlari, davlat tili va ilmiy-tadqiqot masalalari bo‘yicha maslahatchisi, filologiya fanlari doktori, professor

2021-yildan buyon Agentlik tizimida faoliyat yuritib kelmoqda. Mehnat faoliyati davomida Agentlik tizimida ilmiy tadqiqot ishlari, ma’naviy-ma’rifiy ishlar samaradorligini oshirish va davlat tilida ish yuritilishini ta’minlash borasida katta hissa qo‘shgan.

Xalqaro xotin-qizlar kuni munosabati bilan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmoniga muvofiq Noibaxon Mamadaliyeva ko‘p yillik samarali mehnati va yuqori professionalizmi uchun **“Shuhrat” medali** bilan taqdirlandi.



**Gazieva Lyubov Borisovna** – O‘zbekiston milliy metrologiya institutining Radiotexnik kattaliklar va ionlovchi nurlanishlarni o‘lchash, putur yetkazmasdan tekshirish bo‘limi bosh mutaxassisi.

1988-yildan buyon metrologiya sohasida faoliyat yuritib kelmoqda. Mehnat faoliyati davomida Lyubov Gazieva metrologik nazoratni rivojlantirish va o‘lchovlar aniqligini ta’minlash ishlariga katta hissa qo‘shgan.

Xalqaro xotin-qizlar kuni munosabati bilan O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmoniga muvofiq, Lyubov Borisovna ko‘p yillik samarali mehnati va yuqori professionalizmi uchun **“Do‘stlik” ordeni** bilan taqdirlandi.



**Shertoyloqova Gavxaroy Numanjon qizi** – O‘zbekiston milliy metrologiya institutining Andijon filiali “O‘lchash vositalarini metrologik tekshiruvi ” bo‘limi bosh mutaxassisi.

2001-yildan buyon metrologiya sohasida faoliyat yuritib kelmoqda. Mehnat faoliyati davomida Gavxaroy Shertoyloqova sifat tizimini rivojlantirish va o‘lchashlar birligini ta’minlash bo‘yicha faoliyat yuritgan.

O‘zbekiston Respublikasi mustaqilligining 34-yilligi munosabati bilan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmoniga muvofiq, Gavxaroy Numanjon qizi ko‘p yillik samarali mehnati va yuqori professionalizmi uchun **“Shuhrat” medali** bilan taqdirlandi.



**Xo‘janiyozova Zilola To‘rayevna** – Texnik jihatdan tartibga solish agentligi O‘zbekiston standartlar instituti Axborot xizmati rahbari

2019-yildan buyon mazkur lavozimda ishlab kelmoqda. Zilola Xo‘janiyozovaning O‘zbekiston standartlar instituti tasarrufidagi “Standart” ilmiy-texnik jurnalida dolzarb mavzularni yoritishda hamda uning samarali faoliyatida, O‘zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasi tizimidagi jurnallar ro‘yxatiga kiritilishida ham katta xizmatlari bor.

U O‘zbekiston Yozuvchilar uyushmasi, O‘zbekiston Jurnalistlar uyushmasi a’zosi. Uning “Yuragimda bir gul o‘sadi”, “Dil shevasi”, “Ko‘ngilga yo‘l”, “Sog‘inch shivirlari”, “Hulvo”, “Kel, ey do‘st”, “Aksioma” kabi she’riy hamda “Publisistika va yoshlar siyosiy ideali” va boshqa ilmiy-publisistik risolalari chop etilgan.

Ijodkorning Turkiya Respublikasida chop etilgan “Hulvo” kitobi hamda Ozarbayjonda chop etilgan “Kel, ey do‘st” she’riy to‘plami ozar va turkiyalik muxlislarining ham ko‘nglidan joy oldi.

2024-yilda samarali mehnatlari yuqori baholanib Respublikamiz Prezidenti tomonidan **“Shuhrat” medali** bilan va 2026-yil “Mo‘tabar ayol” ko‘krak nishoni bilan taqdirlangan.



**Xakimova Feruza Abdusamatovna** – O‘zbekiston Texnik jihatdan tartibga solish agentligining Texnik jihatdan tartibga solish sohasida nazorat inspeksiyasi Toshkent shahar bo‘limi bosh mutaxassisi.

2004-yil yanvar oyidan buyon xizmat vakolati doirasida Huquqni himoya qilish organlari (Prokuratura, DXX, Hisob Palatasi) bilan o‘tkazilgan tekshiruvlarda ham ishtirok etib, qonunbuzarliklarni aniqlashda va ularni bartaraf etishda o‘z hissasini qo‘shib kelmoqda. Jismoniy va yuridik shaxslarning mahsulotlar sifati yuzasidan shikoyat, arizalarini o‘rganib chiqib, amaliy yordam ko‘rsatish, muammolarni hal etishda faol qatnashib kelmoqda.

Import orqali kirib kelayotgan va savdo nuqtalarida sotilayotgan sifatsiz mahsulotlarni aniqlash ishlarida, ya’ni mahsulotlar nazorat xaridlarini amalga oshirish, aniqlangan nomuvofiqliklar yuzasidan xavf tahlilini o‘tkazish, natijalari bo‘yicha Biznes-Ombudsmandan tegishli ravishda ruhsat olgan holda, davlat nazoratini amalga oshiradi.

Xalqaro xotin-qizlar kuni munosabati bilan “Mo‘tabar ayol” ko‘krak nishoni bilan taqdirlandi.



# КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УДАРНО-ИЗНАШИВАЕМЫХ УЗЛОВ ГОРНО-РАЗМОЛЬНЫХ МАШИН

***Жуманазаров Акмал Рузикулович***, Генеральный директор Узбекского Агентства по техническому регулированию при Кабинете Министров Республики Узбекистан, PhD
Эл. почта: *ar.jumanazarov@gmail.com*

**Аннотация.** *В статье рассмотрены конструктивные особенности ударно-изнашиваемых узлов горно-размольных машин, в частности шаровых мельниц, применяемых для измельчения минерального сырья. Проанализированы условия работы мелющих тел и футеровок, определяющие интенсивность ударно-абразивного износа и энергетическую эффективность процесса измельчения. Приведена классификация шаровых мельниц по режиму работы, способу помола, характеру цикла, конструкции разгрузочных устройств и привода. Рассмотрены особенности движения мелющих тел в барабане, влияние частоты вращения и диаметра шаров на производительность и степень измельчения. Показано, что повышение износостойкости футеровок и мелющих тел, а также оптимизация режимов работы мельниц являются основными направлениями снижения энергопотребления и эксплуатационных затрат горно-обогатительного оборудования.*

**Ключевые слова:** *шаровая мельница, измельчение минерального сырья, мелющие тела, футеровка, ударно-абразивный износ, производительность, частота вращения, энергоэффективность, разгрузочная диафрагма, стержневая мельница.*

**Abstract.** *The article examines the design features of impact-wear components of grinding machines, particularly ball mills used for mineral processing. The operating conditions of grinding media and liners, which determine the intensity of impact-abrasive wear and the energy efficiency of the grinding process, are analyzed. A classification of ball mills according to operating mode, grinding method, cycle type, discharge system, and drive design is presented. The paper discusses the motion of grinding media inside the drum, as well as the influence of rotational speed and ball diameter on mill productivity and grinding fineness. It is shown that improving the wear resistance of liners and grinding media, together with optimization of mill operating modes, are the main directions for reducing energy consumption and operating costs of mining and processing equipment.*

**Keywords:** *ball mill, mineral grinding, grinding media, liner, impact-abrasive wear, productivity, rotational speed, energy efficiency, discharge diaphragm, rod mill.*

**Annotatsiya.** *Maqolada tog‘-kon va maydalash uskunalarining zarbaviy yeyilishga uchraydigan tugunlari, xususan, mineral xomashyoni maydalashda qo‘llaniladigan sharli tegirmonlarning konstruktiv xususiyatlari tahlil qilingan. Maydalovchi jismlar va футеровка elementlarining ish sharoitlari, ularning zarbaviy-abraziv yeyilishi hamda maydalash jarayonining energetik samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Sharli tegirmonlar ish rejimi, maydalash usuli, sikl turi, tushirish qurilmasi va yuritma konstruksiyasiga ko‘ra tasniflangan. Baraban ichidagi maydalovchi jismlarning harakati, aylanish chastotasi va shar diametrining unumdorlik hamda maydalash darajasiga ta’siri yoritilgan. Футеровка va maydalovchi jismlarning yeyilishga chidamliligini oshirish, shuningdek tegirmon ish rejimlarini optimallashtirish kon-boyitish uskunalarining energiya sarfi va ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirishning asosiy yo‘nalishlari ekanligi ko‘rsatib berilgan.*

**Kalit so‘zlar:** *sharli tegirmon, mineral xomashyoni maydalash, maydalovchi jismlar, футеровка, zarbaviy-abraziv yeyilish, unumdorlik, aylanish chastotasi, energiya samaradorligi, tushirish diafragmasi, sterjenli tegirmon.*

В мире развитие процессов измельчения минерального сырья является важнейшим условием повышения эффективности горно-обогатительного производства и устойчивого функционирования промышленности и народного хозяйства. Ресурсо- и энергосбережение процессов дробления и измельчения снижает суммарные затраты переработки минерального сырья. Мелющие тела и футеровки являются основными и наиболее нагруженными элементами шаровой мельницы. Значительная часть эксплуатационной эффективности мельничных агрегатов зависит от характера движения мелющих тел и рациональной организации энергетических затрат. Повышение износостойкости мелющих тел, оптимизация режимов работы мельниц, применение энерго- и ресурсосберегающих технологий измельчения в значительной степени снижает эксплуатационные затраты оборудования. Задачи, связанные с повышением производительности измельчения, снижением износа мелющих тел и уменьшением энергопотребления процессов измельчения, до настоящего времени полностью не решены и их решение имеет особое значение.

На сегодняшний день процессы измельчения минерального сырья в шаровых мельницах осуществляются с использованием различных режимов загрузки и движения мелющих тел, а также с применением водной или сухой схемы измельчения. Активно ведутся научные исследования, направленные на решение задач, связанных со снижением эффективности процесса измельчения и увеличением энергетических затрат, обусловленных нерациональными режимами работы мельниц, повышенной интенсивностью ударно-абразивного износа мелющих тел и футеровок, а также неблагоприятными условиями взаимодействия измельчаемого материала с рабочей нагрузкой мельницы. Особое внимание в данной области уделяется повышению эффективности мельничного оборудования путём создания научно обоснованных подходов к его эксплуатации на основе разработки и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий измельчения.

Мелющие тела при вращении барабана поднимаются под действием центробежных сил на некоторую высоту, а при падении приобретают кинетическую энергию, которая и используется при измельчении. Кроме ударов шары оказывают на материал и некоторое истирающее действие.

Шаровые мельницы обеспечивают высокую степень измельчения, большую тонкость конечного продукта при значительной производительности, что позволяет широко применять их на заводах промышленности строительных материалов для тонкого измельчения известняка, мергеля, шамота, цементного клинкера, полевого шпата, кварца, угля и других материалов.

*Таблица 1*

**Зависимость диаметра мелющих тел от крупности поступающего материала**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Крупность материала, mm** | 0,07–0,1 | 0,15–0,2 | 0,3–0,4 | 0,6–0,8 |
| **Диаметр шара, mm** | 12,5 | 16,0 | 20,0 | 25,0 |
| **Крупность материала, mm** | 1,2–1,7 | 2,4–3,3 | 4,7–6,7 | 6,7–9,5 |
| **Диаметр шара, mm** | 31,0 | 40,0 | 49,0 | 57,0 |
| **Крупность материала, mm** | 13,0–19,0 | 27,0–38,0 | 38,0–53,0 | |
| **Диаметр шара, mm** | 70,0 | 89,0 | 100,0 | |

**Классификация шаровых мельниц**

- *по режиму работы* – периодического (рис. 3, *а)* и непрерывного (рис. 2, *б-д*) действия;
- *по способу помола* – сухого и мокрого помола;
- *по характеру работы* – мельницы, работающие по открытому и замкнутому циклу;
- *по форме мелющих тел* – шаровые, стержневые и самоизмельчения (без мелющих тел);
- *по способу разгрузки* – *с* механической и пневматической разгрузкой;
- *по конструкции загрузочного и разгрузочного устройства* – с загрузкой и выгрузкой через люк (рис. 3, *а*),



*Рисунок 2.* Схема движения шаров в мельнице.

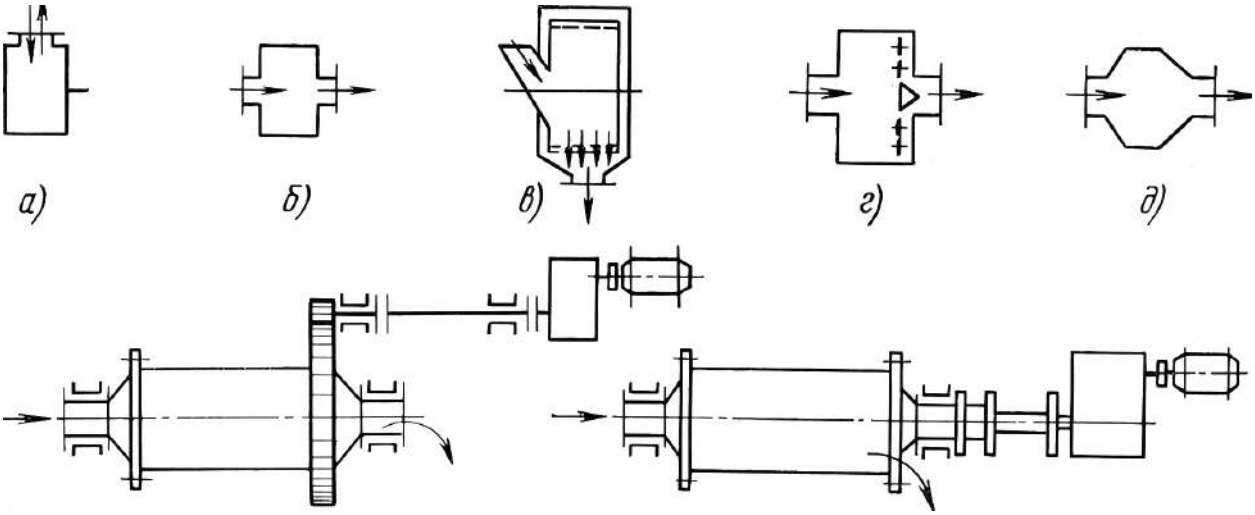



*Рисунок 3.* Основные схемы мельниц.
*а* – периодического действия: *б* – непрерывного действия с цилиндрическим барабаном; *в* – с периферийной разгрузкой; *г* – с разгрузкой через торцовую решетку; *д* – с конусным барабаном; *е*, *ж* – с периферийным и центральным приводом.

с загрузкой и выгрузкой через полые цапфы (рис. 3, *б, г*, *д*, *е*), с периферийной разгрузкой (рис. 3, *в*);

- *по конструкции привода – с* центральным (рис. 3, *ж) и* периферийным (рис. 3, *е*) приводом.

Шаровые мельницы сравнительно просты по конструкции и удобны в эксплуатации. У них высокая тонкость помола, однородность материала, легкость регулирования степени измельчения. Однако они имеют существенные недостатки: большой расход энергии, большие массы и размеры, резкий шум при работе, малые скорости воздействия мелющих тел на материал, в работе участвует только часть мелющих тел, рабочий объем барабана используется на 35-45 %, расход энергии составляет 35-40 kW·h/t.

В промышленности строительных материалов преимущественное применение имеют мельницы непрерывного действия, сухого и мокрого помола, работающие в открытом или закрытом цикле. В мельницах, работающих по мокрому способу, материал выходит из них несколько недоизмельченным и разделяется в сепараторах или гидроклассификаторах на готовый продукт и крупную фракцию, которая повторно измельчается в мельнице. При такой схеме работы эффективность помола и производительность повышаются вследствие непрерывного удаления из мельницы мелкой фракции материала.

Шаровые мельницы периодического действия используют в основном для тонкого помола мокрым способом многокомпонентных смесей при производстве электротехнического и хозяйственного фарфора, фаянсовых строительных изделий, глазурей, эмалей и других материалов. Производительность при мокром помоле на 25...30% выше, чем при сухом, так как вода способствует быстрому измельчению.

Короткие цилиндрические мельницы непрерывного действия с разгрузкой через полую цапфу широко применяют для сухого и мокрого помола. Материал питателем подается через одну из полых цапф, размалывается, продвигаясь вдоль барабана, разгружается через противоположную цапфу.

Чем больше подается материала на помол, тем быстрее он проходит через мельницу, тем крупнее частицы на выходе и выше производительность.

Шаровые мельницы 0,9×1,8 и 1,5×1,6 м (диаметр и длина барабана), предназначенные для помола материалов средней твердости, выпускают двух исполнений: для сухого и мокрого способа помола. Различаются они между собой конструкцией загрузочных и разгрузочных устройств.

Мельница 1,5×3 m предназначена для помола руд и строительных материалов сухим способом.

*Таблица 2*

**Техническая характеристика шаровых мельниц**

| Показатель | Диаметр * длину барабана, м | | |
|---|---|---|---|
| | 0,9*1,8 | 1,5*1,76 | 1,5*3,0 |
| Производительность, t/h | 5,4* | 6* | 18* |
| Частота вращения барабана, rpm | 39 | 28 | 25 |
| Мощность главного двигателя, кВт | 22 | 55 | 100 |
| Масса (без электродвигателя и мелющих тел), т | 5 | 13 | 21 |
| Масса мелющих тел | 2,3 | 4,8 | 10,5 |

* – при тонкости помола, соответствующей 10% остатка на сите № 0,08.

Рассмотрим конструкцию шаровой мельницы на примере однокамерной мельницы с разгрузочной диафрагмой (рис. 4).

Однокамерная мельница с диафрагмой представляет собой цилиндрический барабан 6, к которому прикреплены торцовые днища 4. Днища отливают со-

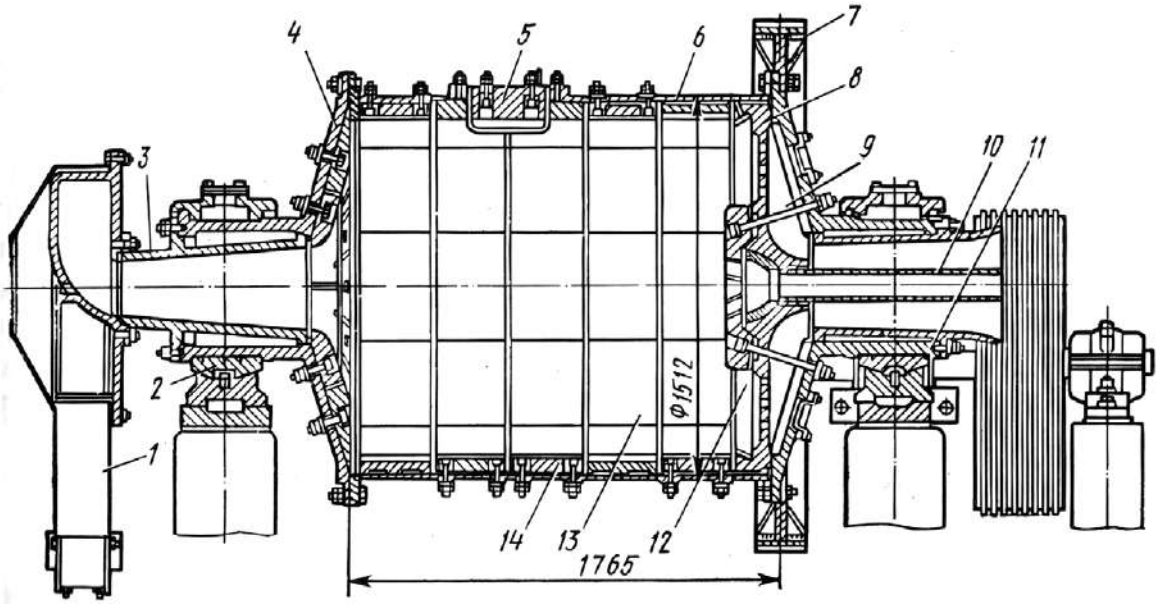



*Рисунок 4.* Однокамерная мельница.

вместно с полыми цапфами, которыми барабан опирается на подшипники, имеющие самоустанавливающиеся вкладыши 2. Барабан и днища со стороны загрузки футерованы стальными бронеплитами, которые к днищу крепятся болтами, а в барабане располагаются параллельными, примыкающими друг к другу кольцами. В каждом кольце рядовые бронеплиты 13 замыкаются клиновой плитой 14, прикрепляемой к барабану двумя болтами. Шары общей массой 3000 kg загружают через люк, который закрывают крышкой 5.

Для облегчения загрузки и разгрузки материала полые цапфы снабжены конусными втулками 3 и 11, расширяющимися в направлении движения материала. При мокром помоле материал в барабан подают улитковым питателем 1, который при каждом обороте барабана зачерпывает порцию материала из бассейна и направляет ее в конусную втулку 3. Производительность мельницы регулируют изменением уровня материала в питающем бассейне. По мере продвижения вдоль барабана материал измельчается и выходит через втулку 11 разгрузочной цапфы.

Для ускорения разгрузки мельница снабжена диафрагмой 8, которая имеет радиальные перегородки (лифтеры) 9 и конические 1 отверстия, а для предохранения от повреждения шарами прикрыта колосниковыми плитами 12 и сплошными бронеплитами. Забивая отверстия диафрагмы деревянными пробками, можно регулировать уровень пульпы в мельнице. Для удаления излишка пульпы при случайной перегрузке мельницы служит труба 10. При грубом помоле диафрагма увеличивает производительность мельницы на 15... 30%, при тонком поломе ее эффективность снижается. В этом случае обычно применяют мельницы со свободной разгрузкой через полую цапфу. Барабан мельницы вращается от электродвигателя через клиноременную передачу и зубчатую пару с венцовой шестерней 7. Ча-

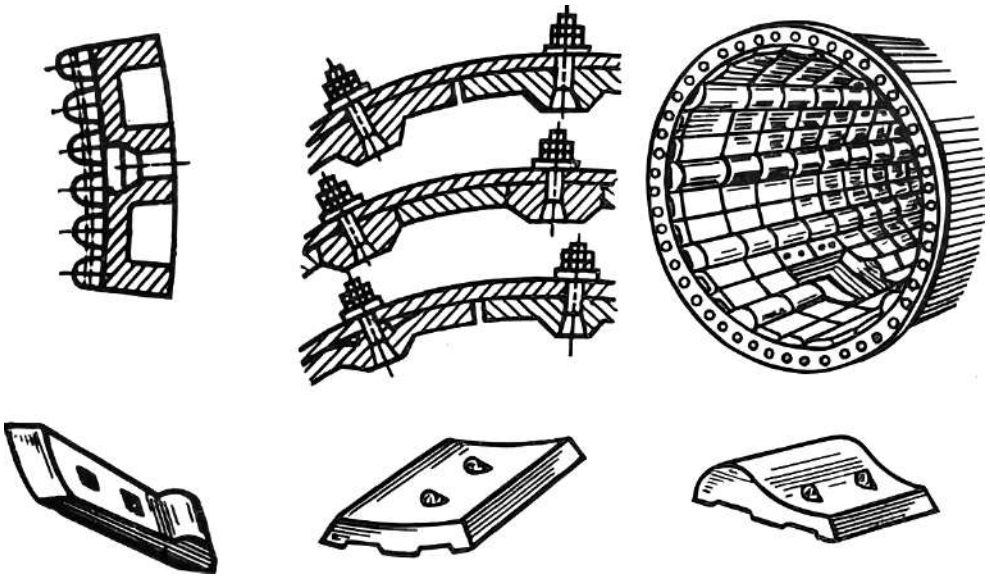


*Рисунок 5.* Виды бронеплит и виды их крепления.

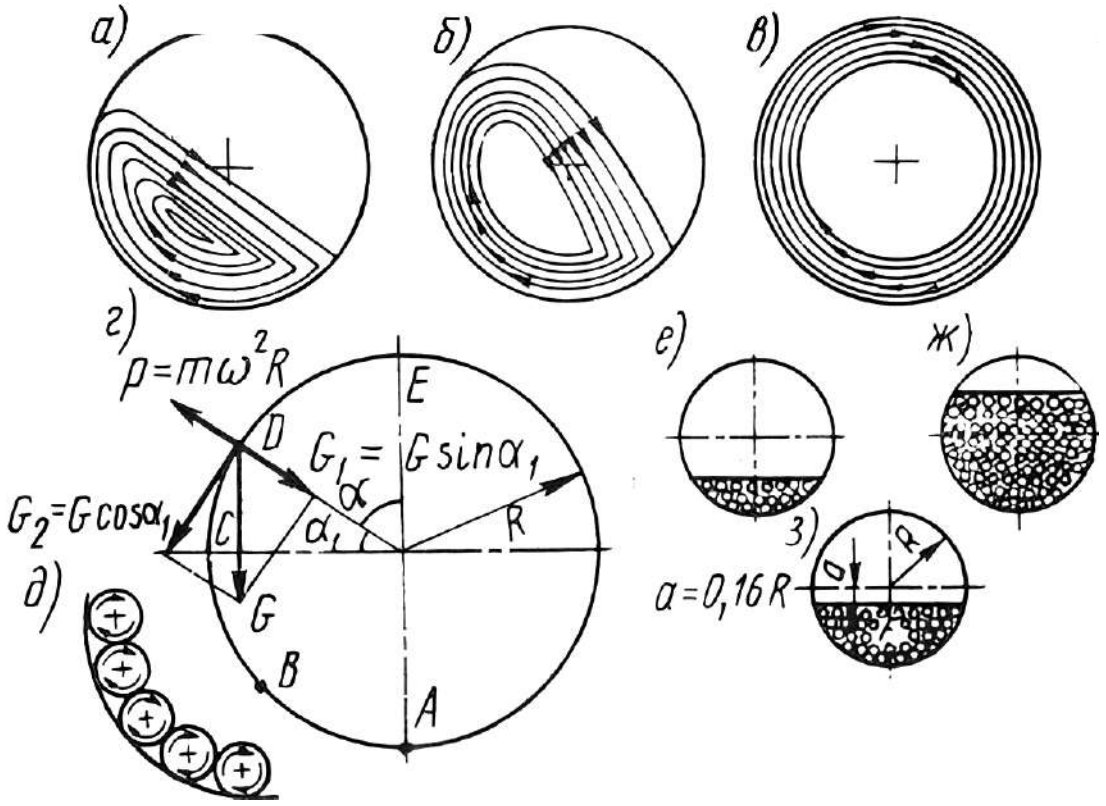



*Рисунок 6*. Движение шаров в барабане.

стота вращения барабана в минуту 28. Мощность электродвигателя 55 kW. Производительность при мокром помоле и измельчении материала от 60 до 0,85 mm равна 6 t/h, до 0,21 mm –3 t/h, до 0,07 mm – 1,5 t/h.

При помоле мягких материалов применяют короткие цилиндрические мельницы с разгрузкой через полую цапфу, у которых вместо шаров мелющими телами являются стальные цилиндрические стержни, примерно равные длине барабана мельницы. Эффективность измельчения мягких материалов в стержневых мельницах объясняется интенсивным истирающим действием стержней при их перекатывании и вращении.

Барабаны шаровых мельниц сваривают из стальных листов толщиной от 10 до 60 mm. Толщину листа принимают обычно 0,01 от диаметра барабана для коротких мельниц и 0,02 для трубных. Днища крепят болтами к кольцам (фланцам), приваренным к барабану. Для загрузки мелющих тел, смены футеровки, установки перегородок каждая камера снабжается люком, который перекрывается крышкой, имеющей защитную бронеплиту. Барабан мельницы футеруют чугунными или стальными бронеплитами, которые бывают плоскими, ступенчатыми, волнистыми и с выступами (каблуками), облегчающими подъем крупных шаров. Наиболее стойкими на истирание являются плиты из марганцовистой стали с содержанием марганца 12...14%. На скорость износа плит влияет и их форма. Некоторые из бронеплит и способы их крепления представлены на рис. 5.

Материал измельчают мелющими телами – шарами и короткими цилиндриками (цильпебсом). Шары штампуют, куют или отливают из углеродистой, марганцовистой или хромистой стали. Диаметр шаров 30...100 mm, цилиндриков – 16...25 mm, длина цилиндриков соответствует 1,5 диаметра. Применяют также барабанные мельницы без мелющих тел, в которых происходит самодробление. Особенностью таких мельниц является большой диаметр барабана (5200 mm) при сравнительно малой его длине (1560 mm), футеровка днищ в виде треугольных в сечении концентрических колец, обеспечивающих при вращении барабана отбрасывание кусков в среднюю его часть для лучшего дробления кусков материала размером 12...15 mm и таких мельницах добавляют небольшое количество стальных шаров.

Разгрузку измельченного материала производят воздушным потоком.

Частота вращения барабана. При вращении барабана шаровой мельницы загруженные в него мелющие тела и материал под действием центробежных сил инерции прижимаются к футеровке, поднимаются на некоторую высоту и при падении приобретают кинетическую энергию, используемую для измельчения. В зависимости от угловой скорости или частоты вращения барабана возникает три случая движения шаров:

1. При сравнительно малой угловой скорости вращения барабана, на (рис. 6, *а*) вся масса шаров вместе с измельчаемым материалом смещается в сторону вращения барабана и, когда свободная поверхность загрузки получит наклон, превышающий угол естественного откоса шаров, они скатываются, измельчая материал легкими ударами и истиранием. Такое движение мелющих тел не обеспечивает интенсивного измельчения.

2. При увеличении угловой скорости барабана возрастает действие центробежных сил инерции, шары поднимаются выше горизонтальной плоскости, проходящей через геометрическую ось барабана и, отрываясь от его внутренней поверхности, продолжают двигаться как тело, брошенное под углом к горизонту,



т. е. по параболе (рис. 6, *б*). Такое движение обеспечивает наиболее интенсивное измельчение материала в основном ударом падающих шаров.

3. При дальнейшем увеличении угловой скорости барабана наступает момент, когда центробежные силы инерции, действующие на шары, превзойдут силу тяжести сначала в наиболее удаленном от оси вращения слое, а затем и во внутренних слоях, и шары, прижатые к внутренней поверхности барабана, будут вращаться вместе с ним, не производя никакой работы (рис. 6, *в*).

### *Список использованной литературы*


1. *Ляшенко И.А., Попов В.Л.* Удар упругого шара о полупространство: численный анализ на основе метода редукции размерности // Физика твердого тела. – 2022. – Т. 64. – №3. – С. 452–460.

2. *Timoshenko S., Goodier J.N.* Theory of Elasticity. – 3rd ed. – McGraw-Hill, 1970. – 567 p.

3. *Попов В.Л.* Контактные задачи механики и метод редукции размерности. – Москва: Физматлит, 2017. – 360 с.

4. *Rajamani R.K.* The Discrete Element Method for the Simulation of Ball Mills. // Minerals Engineering. – 2000. – Vol. 13, No. 2. – P. 183–192.

5. *Дьяков А.Г., Гуревич С.М.* Динамика ударных взаимодействий тел. – Москва: Машиностроение, 1980. – 284 с.

6. *Кожевников А.Д., Артемьев В.А.* Исследование движения шаров в барабанных мельницах. // Известия вузов. Горный журнал. – 2011. – №5. – С. 62–66.

7. *Thornton C., Ning Z.* A theoretical model for the stick/bounce behaviour of adhesive, elastic–plastic spheres // Powder Technology. – 1998. – Vol. 99. – P. 154–162.

8. *Zhu H.P., Zhou Z.Y., Yang R.Y., Yu A.B.* Discrete particle simulation of particulate systems: Theoretical developments // Chemical Engineering Science. – 2007. – Vol. 62. – P. 3378–3396.

9. *Шилов Н.Е.* Контактные задачи теории упругости и пластичности. – Москва: Наука, 1968. – 328 с.

10. *Cleary P.W.* Prediction of charge motion in ball mills using discrete element method // Minerals Engineering. – 2001. – Vol. 14, No. 11. – P. 1417–1426.

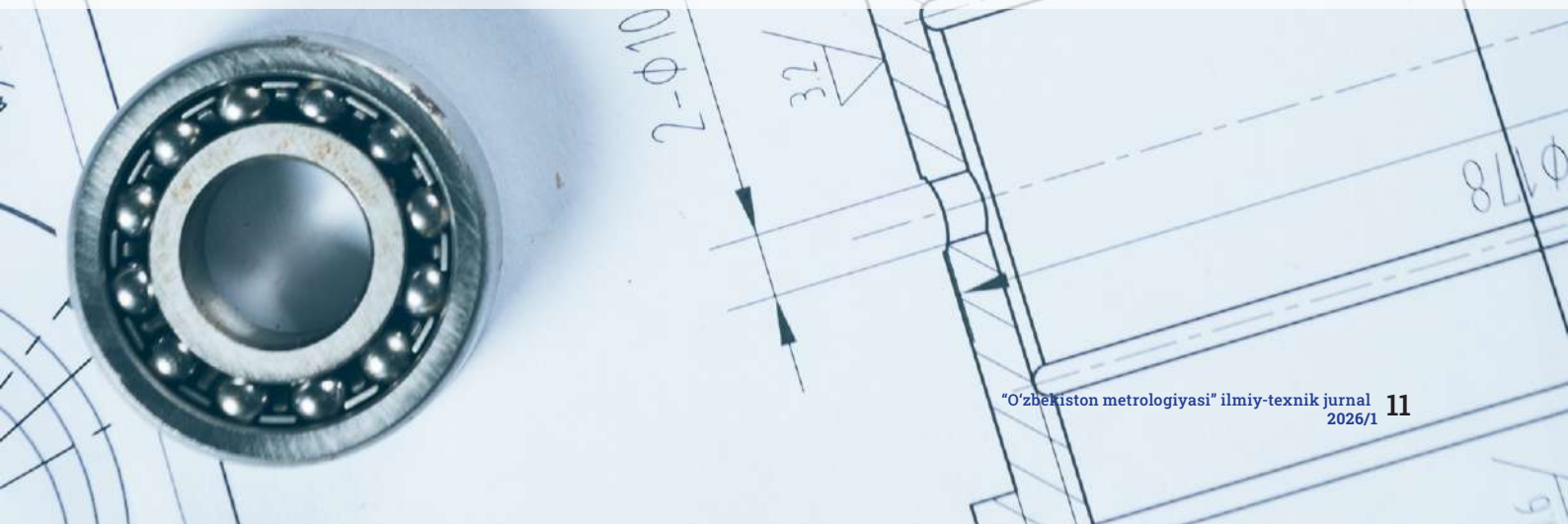
11. *Жуманазаров А.Р., Эгамбердиев И.П., Очилов У.Ю.* Разработка модели дискретных элементов для шаровых мельниц. Proceedings of the v-international conference on integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 2024. Vol.2. 11-12 p.

12. *Жуманазаров А.Р., Эгамбердиев И.П., Очилов У.Ю.* Влияние объема суспензии на процесс измельчения вращающейся мельницы с использованием мультиметодного подхода и анализа параметров. Proceedings of the v-international conference on integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 2024. Vol.2. 17-18 p.

13. *N. Karimova, U. Ochilov, Sh. Yakhshiev I. Egamberdiev*, Predictive maintenance of cutting tools using artificial neural networks, XIV International Conference on Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability (TITDS-XIV-2023). 2023.

14. *Sh. Yakhshiev, E. Egamberdiev, A. Mamadiyarov, Kh. Ashurov, N. Khamroev*, Research on Engineering Structures and Materials 9(1), 163-179, 2023.

15. *N. Karimova, U. Ochilov, O. Tuyboyov, Sh. Yakhshiev, I. Egamberdiev,* Advanced surface roughness characterization using 3D scanning technologies and YOLOv4, IV International Conference on Geotechnology, Mining and Rational Use of Natural Resources, GEOTECH-2024.



# РОЛЬ МЕТРОЛОГИИ ПРИ ВСТУПЛЕНИИ В ВТО

***Саидорипов Лазизбек Фуркатжанович,*** Директор Узбекского Национального института метрологии



**Аннотация.** *В современных условиях агропромышленного комплекса обеспечение продовольственной безопасности напрямую корреСтатья рассматривает роль метрологии и стандартизации в обеспечении качества продукции и снижении технических барьеров в международной торговле. Показано, что метрология является ключевым элементом инфраструктуры качества, обеспечивающим сопоставимость измерений и доверие к результатам испытаний. Проанализированы международные механизмы взаимного признания, включая CIPM MRA и положения Соглашения ВТО по техническим барьерам в торговле. Рассмотрены примеры зарубежных стран и реформы в Узбекистане в контексте вступления в ВТО. Сделан вывод о том, что развитие метрологической системы способствует повышению конкурентоспособности экономики и расширению экспортного потенциала страны.*

**Ключевые слова:** *метрология, стандартизация, технические барьеры в торговле, инфраструктура качества, международная торговля, оценка соответствия, взаимное признание, CIPM MRA, ВТО, калибровка, национальные эталоны, техническое регулирование, экспортный потенциал.*

**Annotatsiya.** *Maqolada mahsulot sifatini ta'minlash va xalqaro savdoda texnik to'siqlarni kamaytirishda metrologiya hamda standartlashtirishning o'rni ko'rib chiqiladi. Metrologiya o'lchashlarning taqqoslanuvchanligini va sinov natijalariga bo'lgan ishonchni ta'minlovchi sifat infratuzilmasining muhim elementi ekani ko'rsatilgan. O'zaro tan olishning xalqaro mexanizmlari, jumladan CIPM MRA hamda JSTning savdodagi texnik to'siqlar bo'yicha bitimi qoidalari tahlil qilingan. Xorijiy mamlakatlar tajribasi va O'zbekistonning JSTga a'zo bo'lishi kontekstidagi islohotlari ko'rib chiqilgan. Metrologik tizimni rivojlantirish iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshirishga va mamlakat eksport salohiyatini kengaytirishga xizmat qilishi haqida xulosa qilingan.*

**Kalit so'zlar:** *metrologiya, standartlashtirish, savdodagi texnik to'siqlar, sifat infratuzilmasi, xalqaro savdo, muvofiqlikni baholash, o'zaro tan olish, CIPM MRA, JST, kalibrlash, milliy etalonlar, texnik tartibga solish, eksport salohiyati.*

**Abstract.** *The article examines the role of metrology and standardization in ensuring product quality and reducing technical barriers in international trade. It is shown that metrology is a key element of the quality infrastructure, ensuring the comparability of measurements and confidence in test results. International mechanisms of mutual recognition, including the CIPM MRA and the provisions of the WTO Agreement on Technical Barriers to Trade, are analyzed. Examples from foreign countries and reforms in Uzbekistan in the context of accession to the WTO are considered. It is concluded that the development of the metrological system contributes to increasing the competitiveness of the economy and expanding the country's export potential.*

**Keywords:** *metrology, standardization, technical barriers to trade, quality infrastructure, international trade, conformity assessment, mutual recognition, CIPM MRA, WTO, calibration, national standards, technical regulation, export potential.*

В условиях глобализации и соответственно роста конкурентоспособности предпринимательских структур вопрос высокого качества является важнейшей целью экономической деятельности. В этом плане метрология и стандартизация оказывают непосредственное влияние на оценку показателей качества продукции и услуг.

Вкратце, что такое метрология? Это наука об измерениях и их применении. Она обеспечивает точность, стабильность, сопоставимость и согласованность из-

мерений. Метрология необходима для того, чтобы быть уверенным в том, что продукция соответствует заявленным характеристикам. Без неё торговля была бы значительно сложнее. По этим причинам метрология считается одним из основополагающих столпов инфраструктуры качества, лежащей в основе мировой торговли.

Техническая компетентность, необходимая для эффективного функционирования документированных стандартов и систем оценки соответствия, подкрепляется надежной метрологической инфраструктурой и взаимодействием с глобальными метрологическими организациями. Международные рамки взаимного признания и принятия национальных метрологических систем обеспечивают основу для снижения технических барьеров в торговле и, таким образом, способствуют развитию международной торговли. Поэтому участие в международной метрологической системе имеет решающее значение для достижения целей в области торговли. Важность оказания поддержки и технической помощи для такого участия подтверждается в элементах «измерения развития» в Руководящие принципы ЕСП, принятые Комитет по техническим барьерам в торговле (ТБТ) в 2024 году, которые связывают техническую помощь в соответствии со статьей 11 Соглашения по ТБТ с национальной инфраструктурой качества (НИК) в целом.

Вот о чем говорили на тематической сессии, прошедшей в ВТО.

В процессе вступления Узбекистана в ВТО вопросы влияния метрологии и стандартизации на развитие экономики страны становятся еще более актуальными, что связано с необходимостью соответствия производимых продуктов и услуг мировым стандартам. На основе существующих прецедентов о влиянии метрологии и стандартизации на развитие всех сфер жизнедеятельности появляется необходимость в обеспечении единства измерений.

Узбекистан демонстрирует высокие темпы развития измерительных возможностей (метрологии) и цифровизации. По статистическим данным на 2024-2025 гг., страна вошла в топ-10 стран мира (9-е место) по индексу зрелости государственных технологий (GTMI 2025), поднялась на 12-е место в мировом рейтинге открытых данных ODIN и занимает 72-е место в глобальном индексе сетевой готовности. Результаты Глобального индекса инфраструктуры качества (GQII) за 2025 год ясно показали эффективность реформ, проведенных в области метрологии в Узбекистане в последние годы. В этом индексе наша страна заняла 72-е место в области метрологии среди 185 стран (повысилась на 8 позиций по сравнению с результатами 2024 года). Этот показатель напрямую связан с активностью Узбекистана в международном метрологическом сотрудничестве, расширением базы национальных эталонов и ростом научного потенциала.

Эти достижения отражают активное внедрение Всемирным банком цифровых технологий в государственном секторе и повышение прозрачности данных, а также стремительное развитие метрологической базы, цифровизацию госуслуг и повышение открытости статистических данных в Узбекистане.

При анализе механизмов взаимного признания результатов испытаний появляется необходимость развития сотрудничества в области обеспечения единства измерений между странами.

В странах западноевропейского региона метрологическая деятельность, в частности, вопросы обеспечения единства измерений регулируются статьями конституций и/или законодательными актами: в Великобритании — законом «О мерах и весах», принятым в последней редакции в 1985 г.; в Германии — Конституцией (ст. 73) и двумя основными законами: «Об измерительном деле и поверке» и «О единицах измерений и измерительном деле». Оба документа приняты в 1985 г.; в США — Конституцией (разд. 8, ст. 1) и несколькими законами, например, «О метрической системе» (1966 г.), «О фасовке и хранении товаров» (1966 г.) и др.; во Франции — законом «О метрической системе и поверке средств измерений» (1985 г.). Практически во всех странах научные и методические проблемы, связанные с единством измерений, рассматриваются как государственная задача и решение их — предмет деятельности государственных метрологических институтов и лабораторий. Например, в Великобритании основной научный метрологический центр — Национальная физическая лаборатория. В Узбекистане в новой редакции действует закон РУз «О внесении изменений и дополнений в Закон РУз «О метрологии». Это основной документ, закрепляющий вопросы обеспечения единства измерений в Узбекистане, который регулирует отношения, связанные с измерением, подтверждением соответствия, калибровкой и поверкой средств измерений, обеспечивая тем самым совместимость результатов. Кроме того, есть Закон РУз «О техническом регулировании» (27.02.2023 г.).

Однако вступление в ВТО требует не только адаптации национальной системы стандартизации и метрологии к международным требованиям для обеспечения конкурентоспособности отечественных предприятий и свободного доступа продукции на внешние рынки, но и особого внимания к вопросам снижения импортных тарифов, усилению международной конкуренции, а также необходимости повышения качества и соответствия продукции метрологическим нормативам.

Итак, разберем, почему метрология важна для устранения технических барьеров в торговле.

Технические барьеры в торговле появляются, когда страны используют различные технические регламенты, стандарты, методы испытаний и схемы оценки соответствия. Соглашение ВТО по техническим барьерам в торговле (Agreement on Technical Barriers to Trade, TBT Agreement) устанавливает правила, чтобы такие меры не становились «ненужными препятствиями» для торговли и по возможности основывались на международных стандартах и согласованной инфраструктуре качества.

## 1. Ключевые роли метрологии в этом контексте:

### 1.1. Обеспечение сопоставимости измерений между странами

Единая система единиц (СИ), прослеживаемость к международным эталонам и формализованная оценка неопределённости обеспечивают сопоставимость результатов измерений, независимо от того, в какой стране они были получены. Это фундамент для взаимного признания результатов испытаний и калибровки.

**1.2. Техническая база для взаимного признания результатов (CIPM MRA и др.)**

Соглашение CIPM MRA (Mutual Recognition Arrangement) между национальными метрологическими институтами (НМИ) устанавливает эквивалентность национальных эталонов и обеспечивает взаимное признание сертификатов калибровки и измерений НМИ. Для правительств и регуляторов это техническая база, на которой можно строить более широкие соглашения о взаимном признании результатов испытаний и оценке соответствия. В результате снижается потребность в повторных испытаниях и дублирующих проверках на границе.

**1.3. Поддержка надёжной оценки соответствия**

Испытательные и калибровочные лаборатории, системы сертификации и инспекции опираются на прослеживаемость измерений к эталонам НМИ и на признанные методы измерений. Без метрологической базы сертификаты и протоколы испытаний менее надёжны и чаще оспариваются, что увеличивает технические барьеры.

**1.4. Правовая метрология и честная торговля**

Правовая метрология охватывает измерения в сфере торговли, здравоохранения, экологии, безопасности. OIML разрабатывает международные рекомендации и документы, чтобы национальные системы правовой метрологии были взаимосопоставимы и признаваемы на международном уровне. Если, например, торговые весы, счётчики воды, газа, электроэнергии проверяются по гармонизированным требованиям, продавцы и покупатели в разных странах доверяют результатам, что уменьшает споры и барьеры.

**1.5. Метрология как часть национальной инфраструктуры качества**

UNIDO, BIPM и OIML в совместных документах подчёркивают, что метрология — ключевой элемент национальной инфраструктуры качества (NQI), наряду со стандартизацией, аккредитацией и оценкой соответствия. Развитая NQI позволяет странам участвовать в международной торговле на равных условиях, снижая технические барьеры и повышая доверие к производимой продукции.

## *2. Примеры из практики других стран и регионов*

**2.1. Европейский союз: единый рынок измерительных приборов**

Исторически в странах ЕС действовали разные национальные правила по измерительным приборам (весы, счётчики, измерительные преобразователи и т.д.), что создавало барьеры: прибор, допущенный в одной стране, мог требовать повторного утверждения типа и испытаний в другой.

Решением стала гармонизация через директивы ЕС (в частности, Measuring Instruments Directive 2014/32/EU и директиву по неавтоматическим весам NAWI) и деятельность региональной организации WELMEC. Эти инструменты унифицировали требования к измерительным приборам и процедурам их оценки соответствия. Производитель, получивший маркировку CE и соответствующие метрологические одобрения, может поставлять приборы по всему внутреннему рынку ЕС без повторных метрологических процедур. Это прямой пример снятия технических барьеров за счёт метрологической гармонизации.

**2.2. Нигерия: создание национального метрологического института**

В Нигерии реализовывался проект ЕС и UNIDO по созданию национальной инфраструктуры качества. Часть проекта была посвящена созданию Национального метрологического института и развитой системы калибровочных лабораторий. До этого результаты измерений и испытаний нигерийских лабораторий слабо признавались за рубежом, что вынуждало экспортёров проходить повторные испытания в странах-импортёрах.

После создания НМИ, обеспечения прослеживаемости к международным эталонам и аккредитации лабораторий по ISO/IEC 17025 часть технических барьеров была снята: зарубежные партнёры получили больше доверия к национальной системе измерений, а экспортёры – возможность сократить издержки.

**2.3. Армения: калибровочные лаборатории для выхода на рынки ЕС**

В Армении при поддержке ЕС и UNIDO были созданы и модернизированы несколько калибровочных лабораторий при национальном органе по стандартизации и метрологии. Эти лаборатории обеспечили предприятиям страны доступ к услугам калибровки, прослеживаемой к международным эталонам, и позволили лучше соответствовать требованиям зарубежных рынков, в первую очередь ЕС. В официальных материалах подчёркивается, что это решение снижает технические барьеры, связанные с признанием результатов измерений и испытаний.

**2.4. Узбекистан и региональные практики**

Во многих нормативных актах Узбекистана в области технического регулирования и стандартизации отдельно подчеркивается роль метрологии в повышении конкурентоспособности продукции и устранении технических барьеров во внешней торговле. Речь идёт о приведении национальных стандартов в соответствие с международными, развитии национальных эталонов и поддержке участия в международных сличениях и соглашениях типа CIPM MRA и региональных соглашениях (COOMET и др.).

Аналогичные подходы реализуются и в других странах СНГ и развивающихся странах: проекты по созданию или модернизации НМИ, оснащению калибровочных лабораторий и внедрению систем аккредитации всегда сопровождаются аргументацией, что это упрощает экспорт и снижает технические барьеры.

## *3. Ключевые международные документы, подчёркивающие роль метрологии*

Ниже приведён краткий обзор основных документов и источников (с указанием сайтов, где их можно найти):

**1) Agreement on Technical Barriers to Trade (TBT Agreement, ВТО).**

• Содержит общие принципы, по которым технические регламенты, стандарты и процедуры оценки соответствия не должны создавать ненужные препятствия в торговле.

• Поощряет использование международных стандартов и взаимное признание результатов оценки соответствия.

См.: официальный сайт ВТО – раздел Legal Texts, Agreement on Technical Barriers to Trade (https://www.wto.org).

**2) CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA).**

• Соглашение между национальными метрологическими институтами о взаимном признании национальных эталонов, результатов ключевых и дополнительных сличений и сертификатов калибровки.

• Является технической основой для признания измерений в регулировании и торговле.

См.: сайт BIPM – раздел CIPM MRA (https://www.bipm.org).

**3) Резолюции Генеральной конференции по мерам и весам (CGPM) по MRA и международной метрологии.**

• В ряде резолюций CGPM подчёркивается, что международное взаимное признание метрологических возможностей страны является критически важным для устранения технических барьеров и интеграции в международную торговлю.

См.: сайт BIPM – раздел CGPM Resolutions (https://www.bipm.org).

**4) OIML D 1: National metrology systems – Developing the institutional and legislative framework.**

• Документ описывает принципы построения национальной метрологической системы и подчёркивает, что признание таких систем на международном уровне необходимо для участия в мировой торговле и снижения технических барьеров.

См.: сайт OIML – раздел Publications (https://www.oiml.org).

**5) OIML Certification System (OIML-CS) и базовые рекомендации OIML по правовой метрологии.**

• Система OIML-CS обеспечивает механизм взаимного признания результатов испытаний и оценок типа средств измерений, что позволяет производителям выходить на новые рынки без повторных испытаний.

См.: сайт OIML – раздел OIML-CS (https://www.oiml.org).

**6) Совместная брошюра UNIDO–BIPM–OIML о роли метрологии в контексте Целей устойчивого развития 2030.**

• В брошюре отдельно выделена роль метрологии как основы торговли, промышленного развития и технического сотрудничества.

См.: сайты UNIDO (https://www.unido.org) и BIPM (https://www.bipm.org).

**7) ITC Export Quality Bulletin No. 74: "Legal Metrology and International Trade".**

• Подробно рассматривает, как правовая метрология влияет на торговлю, какие риски возникают при несогласованности требований и какие меры помогают снять барьеры.

См.: International Trade Centre (ITC), раздел Publications (https://www.intracen.org).

**8) Материалы тематических сессий Комитета ВТО по ТБТ о роли метрологии.**

• В рамках работы Комитета ТБТ проводились тематические сессии с участием BIPM и других организаций, где подробно обсуждалась роль метрологии в облегчении торговли.

См.: сайт ВТО – раздел Trade Topics → Technical Barriers to Trade (https://www.wto.org).

## *Заключение*

Метрология является ключевым элементом инфраструктуры качества и одним из главных инструментов устранения технических барьеров в торговле. Международно признанные эталоны, прослеживаемость измерений, гармонизированные метрологические требования и взаимное признание результатов испытаний и калибровок позволяют государствам и компаниям торговать на равных условиях. Вместе с тем, неправильное или избыточное использование метрологических требований может превращать их в инструмент скрытого протекционизма. Поэтому для национальных органов важно опираться на международные документы и лучшие практики, развивая метрологическую систему как фактор открытости и конкурентоспособности экономики.

## *4. Рекомендуемая литература (на английском и русском языках)*


**4.1. На английском языке**

• International Trade Centre (ITC). Export Quality Bulletin No. 74: "Legal Metrology and International Trade".

Содержит системный обзор влияния правовой метрологии на международную торговлю и рекомендации для развивающихся стран.

Сайт ITC: https://www.intracen.org

• BIPM. Материалы о CIPM MRA, публикации о роли метрологии в торговле и промышленности (например, статьи R. Kaarls).

Сайт BIPM: https://www.bipm.org

• UNIDO–BIPM–OIML. "The Role of Metrology in the Context of the 2030 Sustainable Development Goals".

Краткая брошюра о роли метрологии в достижении ЦУР, включая секции о торговле и промышленном развитии.

Сайты: https://www.unido.org, https://www.bipm.org

• WTO. Agreement on Technical Barriers to Trade (TBT Agreement) и материалы Комитета ТБТ.

Сайт ВТО: https://www.wto.org

• OIML. Документы по правовой метрологии (OIML D 1, OIML D 2 и др.), материалы по системе OIML-CS.

Сайт OIML: https://www.oiml.org

**4.2. На русском языке**

• Переводы материалов UNIDO–BIPM–OIML о роли метрологии и инфраструктуры качества в контексте устойчивого развития и торговли. Их можно найти на русскоязычных страницах UNIDO и в национальных изданиях, посвящённых инфраструктуре качества.

• Учебные пособия по метрологии, стандартизации, сертификации и техническому регулированию, в которых отдельные главы посвящены влиянию технических регламентов и метрологии на внешнюю торговлю (например, курсы МГИМО по техническому регулированию).

• Научные статьи и обзоры из журналов по экономике, внешней торговле и техническому регулированию, рассматривающие влияние системы стандартизации и метрологии на экспортный потенциал и интеграцию в мировую торговлю.



# MUHANDISLIK TA'LIMIDA XOTIN-QIZLAR UCHUN IMKONIYATLAR VA GENDER TENGLIGINI OSHIRISH STRATEGIYALARI: TA'LIMDA TEXNIKA YO'NALISHIGA QIZLARNI JALB QILISHNING ILMIY YONDASHUVLARI



***Mamadalieva Naibaxon Saidaminovna,*** PhD, professor
E-mail: naibakhon@bk.ru
ORCID: 0009-0009-0489-3380)

**Annotatsiya.** *Ushbu maqolada muhandislik ta'limida xotin-qizlar ishtirokini kengaytirish, ta'lim muhitini gender jihatdan inklyuziv tashkil etish va texnik yo'nalishlarga qizlarni jalb qilish strategiyalari ilmiy tahlil qilindi. Tadqiqotda ijtimoiy, psixologik, pedagogik va institutsional omillar hal qiluvchi komponent sifatida ko'rib chiqildi. Texnik jihatdan tartibga solish tizimida standartlarni ishlab chiqish, laboratoriya infratuzilmasini moslashtirish, o'qituvchilar malakasini oshirish va gender neytral ta'lim dasturlarini joriy etish mexanizmlarining ahamiyati asoslab berildi. Olingan natijalar muhandislik ta'limida gender tengligini mustaxkamlashning strategik zarurligini, qizlarning texnika sohasiga kirishi esa mamlakatning innovatsion rivojlanish salohiyatini oshirishda muhim omil ekanini ko'rsatadi.*

**Kalit so'zlar:** *Muhandislik ta'limi, gender tengligi, xotin-qizlar ishtiroki, texnik jihatdan tartibga solish, STEM ta'limi, laboratoriya infratuzilmasi, ta'lim strategiyasi, inklyuziv muhit.*

**Аннотация.** *В статье проведён научный анализ участия женщин в инженерном образовании, формирования гендерно инклюзивной образовательной среды и стратегий привлечения девушек к техническим направлениям. Исследование охватывает социальные, психологические, педагогические и институциональные факторы, влияющие на выбор будущей профессии. Обоснована необходимость совершенствования системы технического регулирования, обновления образовательных стандартов, адаптации лабораторной инфраструктуры, повышения квалификации преподавателей и внедрения гендерно нейтральных учебных программ. Полученные результаты подтверждают, что обеспечение гендерного равенства в инженерном образовании является стратегически важным элементом технологического развития страны.*

**Ключевые слова:** *Инженерное образование, гендерное равенство, участие женщин, техническое регулирование, STEM образование, лабораторная инфраструктура, образовательные стратегии, инклюзивная среда.*

**Abstract.** *This article provides a scientific analysis of expanding women's participation in engineering education, developing a gender-inclusive learning environment, and implementing strategies to attract girls to technical fields. The study examines social, psychological, pedagogical, and institutional factors that influence career choice. The importance of improving the technical regulation system, updating educational standards, adapting laboratory infrastructure, enhancing teacher competency, and introducing gender-neutral curricula is substantiated. The findings demonstrate that achieving gender equality in engineering education is a strategic requirement for national technological advancement and innovation capacity.*

**Keywords:** *Engineering education, gender equality, women participation, technical regulation, STEM education, laboratory infrastructure, educational strategies, inclusive environment.*

## *Kirish*

Muhandislik sohasi mamlakat iqtisodiy taraqqiyoti, sanoatning raqobatbardoshligi va innovatsion rivojlanishining asosiy ustuni hisoblanadi. Zamonaviy texnologik o'zgarishlar, sanoat 4.0 platformalarining joriy etilishi, raqamli iqtisodiyotning kengayishi injenerlik bilim va kompetensiyalariga bo'lgan talabni katta darajada oshirdi. Bugungi kunda jahon ilmiy hamjamiyati muhandislik sohasida gender muvozanatining ta'minlanishi innovatsion salohiyatni yuksaltirish, texnologik jihatdan barqaror rivojlanish va iqtisodiy o'sishni jadallashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanini ta'kidlamoqda.

O'zbekistonda xotin-qizlarning ijtimoiy va iqtisodiy faolligini oshirish, ularni zamonaviy kasblarga yo'naltirish, ta'lim va mehnat bozorida teng imkoniyat yaratish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biridir. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti rahbarligida gender tengligi va xotin-qizlar huquqlarini ta'minlash bo'yicha tizimli islohotlar amalga oshirilmoqda. Mamlakatda gender tengligi kafolatlarini kuchaytirish to'g'risidagi qonunlar qabul qilindi, xotin-qizlarni har tomonlama qo'llab-quvvatlash, ularni zamonaviy ilm-fan va texnika sohalariga jalb etish bo'yicha milliy dasturlar amalga kiritildi. Xotin-qizlar faolligini oshirish bo'yicha Davlat rahbari tomonidan bildirilayotgan tashabbuslar, ularning iqtidori va imkoniyatlarini ochib berishga qaratilgan islohotlar yangi jamiyat modelini shakllantirishda muhim o'rin tutmoqda.

Yangi O'zbekiston sharoitida muhandis ayollarning mamlakat taraqqiyotidagi o'rni alohida ahamiyat kasb etmoqda. Innovatsiya, sanoat modernizatsiyasi, energetika xavfsizligi, transport va infratuzilma loyihalarining rivojlanishi, raqamli texnologiyalarni keng tatbiq etish kabi yo'nalishlarda xotin-qizlar ishtiroki strategik ahamiyatga ega. Prezident tomonidan ilgari surilayotgan inson kapitaliga oid islohotlar ta'limda gender barobarligini ta'minlashni, ayniqsa muhandislik, axborot texnologiyalari va texnika sohalarida qizlar ulushini sezilarli ko'paytirishni maqsad qilib qo'ymoqda.

Ayniqsa muhandislik va texnik tarmoqlarda xotin-qizlarning faol ishtirokini ta'minlash nafaqat ijtimoiy adolat mezoni, balki mamlakatning texnologik mustaqilligi, sanoatni diversifikatsiya qilish, innovatsion iqtisodiyotga o'tish va global raqobat sharoitida muvaffaqiyat qozonishning muhim omillaridan biridir. Jahon amaliyotida namoyon bo'lganidek, injenerlik sohasidagi gender muvozanati innovatsion g'oyalar xilma-xilligini kengaytiradi, yangicha qarashlarni shakllantiradi va murakkab texnologik muammolarni samarali hal etish imkoniyatlarini oshiradi.

Shu nuqtai nazardan, O'zbekistonda texnik ta'lim tizimini modernizatsiya qilish, muhandislikka qizlarni jalb qilish, ular uchun qulay, xavfsiz va inklyuziv ta'lim muhitini yaratish o'ta dolzarb vazifadir. Texnikum va litseylarda, oliy ta'lim muassasalarida texnik yo'nalishlar bo'yicha qabul kvotalarining kengayishi, qizlar uchun grantlar ajratilishi, innovatsion laboratoriyalar tashkil etilishi, texnik jihatdan tartibga solish sohasida kadrlar tayyorlash mexanizmlarining yangilanishi bu jarayonning muhim bosqichlaridir.

Ushbu maqolada Yangi O'zbekistonda xotin-qizlarning muhandislik ta'limidagi o'rni, ular uchun imkoniyatlarni kengaytirishning texnik, pedagogik va institutsional asoslari, texnik jihatdan tartibga solish tizimida gender inklyuziv yondashuvning ahamiyati ilmiy-analitik tarzda yoritiladi. Shuningdek, ta'lim tizimidagi dolzarb muammolar, gender to'siqlar, ularni bartaraf etish strategiyalari va muhandis xotin-qizlar salohiyatini rivojlantirishning zamonaviy yo'nalishlari tahlil qilinadi.

## *Adabiyotlar sharhi*

Jahon amaliyotida mutaxassislar muhandislik soxasida xotin-qizlar ishtiroki past bo'lgani sababli innovatsion rivojlanishning bir qator tarmoqlari sekinlashuvini ta'kidlaydi. Yevropada STEM sohalari bo'yicha qizlar ulushi nisbatan oshgan bo'lsa-da muhandislik maxsus yo'nalishlarida gender disbalansi saqlanib qolmoqda. Tadqiqotlar yoshlik davrida qizlarda texnologiyaga bo'lgan qiziqishni shakllantirish birinchi navbatda ta'lim muhitini takomillashtirishga bog'liqligini ko'rsatadi. Ijtimoiy stereotiplar, psixologik bosim, gender rollariga oid tarixiy tasavvurlar va fan-texnikaga qizlarning tabiiy mayli haqidagi noto'g'ri qarashlar ularning tanloviga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Shu bilan birga, AQSh, Yaponiya, Janubiy Koreya, Singapur, Germaniya kabi davlatlar muhandislikda xotin-qiz kadrlar tayyorlash bo'yicha alohida strategiyalarga ega. Bu strategiyalar ta'lim dasturlarini qizlarga moslashtirish ilmiy loyihalarda gender muvozanatini ta'minlash, STEM o'qituvchilarini qayta tayyorlash, qizlar uchun maxsus grantlar va laboratoriya muhitini optimallashtirish orqali amalga oshiriladi. Tadqiqotlar shuni ham ko'rsatadiki, xotin-qizlar ehtiyojlariga munosib infratuzilma yaratilgan ta'lim muassasalarida muhandislik yo'nalishiga qizlar kirishi sezilarli oshadi.

Texnika sohasida gender tengligi sanoat ehtiyojlariga javob beruvchi kadrlar tayyorlash tizimini mustahkamlashni talab qiladi. Texnik jihatdan tartibga solish standartlarini ishlab chiqishda ham gender usullari o'rganilgan. Ayniqsa, axborot texnologiyalari, metrologiya, energetika, transport, mashinasozlik va xavfsizlik standartlarida kasbiy salohiyat turli gender guruhlari o'rtasida mutanosibligi muhim deb qaraladi. Demografik tahlillar aholida xotin-qizlarning ulushi katta bo'lganligi sababli ularning muhandislik sohasiga kirishi iqtisodiy o'sish va texnologik barqarorlikka hissa qo'shadi.

O'zbekistonda ham muhandislik ta'lim tizimi bosqichma-bosqich takomillashib kelmoqda. Misol sifatida

texnikum va litseylarda amaliy muhandislik kurslari rivojlanmoqda, oliy ta'lim muassasalarida texnika yo'nalishlari bo'yicha qabul ko'rsatkichlari kengayapti, xotin-qizlarni qo'llab-quvvatlash dasturlari amaliyotga joriy etilmoqda va ilmiy laboratoriyalarda gender inklyuziv ko'rsatkichlari yaxshilanmoqda. Adabiyotlarda ta'kidlanishicha, muhandislik ta'limida gender tengligiga erishishda maqsadli siyosat, pedagogik yondashuvlarni yangilash, ustozlar malakasini oshirish va ayol olimalarni ilmiy faoliyatga jalb qilish asosiy omillar hisoblanadi.

### *Metodologiya*

Tadqiqot analitik tavsifiy shaklda bajarildi. Ilmiy manbalar tahlilida xalqaro tashkilotlar hisobotlari, gender statistikasi, AQSh va Yevropa STEM strategiyalari, texnik ta'limga oid ma'lumotlar, O'zbekiston ta'lim siyosati va muhandislik yo'nalishlaridagi gender ko'rsatkichlari o'rganildi. Bundan tashqari, muhandislik ta'limidagi xotin-qizlar ishtirokini shakllantiruvchi omillarni baholash uchun tizimli yondashuv usuli qo'llanildi.

Texnik jihatdan tartibga solish sohasi ta'limni standartlashtirish, malaka darajalarini belgilash, o'quv laboratoriyalari infratuzilmasini me'yorlash, xavfsizlik talablarini asoslash va kadrlar tayyorlash yo'nalishlariga ajratildi. Har bir yo'nalish bo'yicha qizlar ishtirokini oshirish mexanizmlari tahlil qilindi.

Tadqiqotda muhandislik ta'limida gender tengligini oshirish strategiyalarini baholash uchun ta'lim muhitining quyidagi tarkibiy elementlari o'rganildi: ta'lim dasturlari mazmuni, pedagogik usullar infratuzilma va laboratoriya jihozlanishi, psixologik muhit, ijtimoiy motivatsiya omillari, institutsional siyosatlar, standartlashtirish va texnik normalar.

Ushbu elementlar muhandislik ta'limining asosiy mezonlari sifatida qaralib, har biri bo'yicha qizlar o'qishini rag'batlantiruvchi va to'siq bo'luvchi omillar aniqlandi.

### *Natijalar*

Tadqiqot natijalariga ko'ra, muhandislik ta'limida xotin-qizlar ishtirokiga ta'sir qiluvchi asosiy tarkibiy omillar bir nechta yo'nalishda namoyon bo'ladi. Birinchisi ijtimoiy omillar bo'lib, ular qizlarda muhandislikka nisbatan ilk davrdanoq shubhali munosabat uyg'otadi. Olib borilgan psixologiya va pedagogika tadqiqotlari ko'p hollarda oila maktab jamoatchilik muhiti qizlarni texnikadan uzoqlashtirishga moyil ekanini ko'rsatadi. Mazkur omillar muhandislik ta'limiga kirishni cheklovchi omillar sifatida namoyon bo'ladi.

Ikkinchi yo'nalish ta'lim dasturlarining jinsiy neytral emasligi bilan bog'liq. Muhandislik kurslarining aksariyati farazan o'g'il bolalarga moslashtirilgan uslubda beriladi. Mavzularning tanlanishi ta'lim materialining taqdimoti laboratoriya jarayonlarining o'tkazilishi kabi omillar qizlar uchun psixologik noqulaylik yaratadi. Bu holat ularning qiziqishini susaytirib, malaka shakllanishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Uchinchi yo'nalish texnik infratuzilma bilan bog'liq. Laboratoriya uskunalarining xavfsizlik normalari, ish muhitining komfort darajasi, sanitar talablar va texnik jihozlardan foydalanish bo'yicha yo'riqnomalar soni qizlar ehtiyojlariga mos emasligi aniqlandi. Jahon tajribasida bu omillar muhandislik ta'limiga qizlarni jalb qilishda hal qiluvchi ahamiyatga ega deb topilgan.

To'rtinchi yo'nalish ustozlar saloxiyati va gender sezgirligi bilan bog'liq. Muallimlar tomonidan qizlarning muhandislik sohasidagi qobiliyatiga nisbatan shakllangan stereotiplar tahsil jarayonida ularni passiv ishtirokchiga aylantiradi. Tadqiqotlarda o'qituvchi munosabati texnik fanlarga qizlar jalb etilishida asosiy psixologik omil sifatida qayd etilgan.

Beshinchi yo'nalish institutsional siyosatlar va normativ bazaning yetarli darajada jinsiy inklyuziv emasligi bilan bog'liq. Ta'lim standartlari mushohada qilinishicha texnik fanlarni o'qitishda gender inklyuziyani hisobga olmaydi. Mavzu tanlash uslubiy qo'llanmalarni ishlab chiqish va laboratoriya sharoitlarini tashkil etishda gender omillar nazardan chetda qolmoqda.

Tadqiqot natijalaridan yana shunday xulosa chiqdiki, muhandislik sohasida xotin-qizlarni jalb qilishning eng samarali yo'llari ta'lim muhitini ilk bosqichdanoq modernizatsiya qilish, texnik infratuzilmani o'g'il va qiz bolalar uchun teng darajada qulay qilish, o'qituvchilar malakasini gender sezgirlik bo'yicha oshirish va normativ bazani takomillashtirish orqali imkoniyatlarni kengaytirishdan iborat.

### *Muhokama*

Olingan natijalar muhandislik ta'limida gender tengligini ta'minlash uchun kompleks yondashuv zarurligini ko'rsatdi. Ta'lim muhitining gender neytral emasligi qizlarni texnik fanlardan uzoqlashtirishi mumkin. Shu sababdan ta'lim dasturlarini tuzish uslubiy qo'llanmalarni qayta ko'rib chiqish va ilm fan texnologiyalari bo'yicha materiallarni qizlar tafakkur xususiyatlariga mos ravishda boyitish zarur.

Muhandislik ta'limida psixologik omillar ham muhim. Tadqiqotlar qizlarda texnikaga bo'lgan qiziqish ilk maktab davridan shakllanishini ko'rsatadi. Agar o'qituvchi muhit texnik faoliyatni o'g'il bolalarga xos faoliyat sifatida namoyon qilsa qizlar o'zini bu sohada tasavvur qila olmaydi. Shu bois pedagoglar uchun gender sezgirlik treninglari joriy etish muhim.

Laboratoriya muhitida xavfsizlik va ekspluatatsiya normalarini qayta ko'rib chiqish muhim deb topildi. Ayollar anatomik va fiziologik xususiyatlarini inobatga olgan holda laboratoriya jihozlarining ergonomikasini yaxshilash texnik jihatdan tartibga solish jarayonlarida inklyuziv yondashuvni talab qiladi.

Institutsional siyosatlar qismida esa davlat tomonidan aniq qo'llab-quvvatlash mexanizmlarini yo'lga qo'yish muhim. Oliy ta'limda grantlar, texnikumlarda maxsus kurslar va litseylarda qizlar uchun amaliy laboratoriya toifalari yaratilishi ularning tanlov imkoniyatlarini kengaytiradi. Mavjud normativ hujjatlarda muhandislik fanlarining gender neytral metodologiyasi aks ettirilishi ta'lim sifatining oshishiga xizmat qiladi.

Muhandislik ta'lim tizimida gender tengligiga erishish uchun axborot siyosatining ahamiyati katta. Jamoatchilikda texnikaga qizlarni jalb qilishga oid ijtimoiy fikr shakllantirilishi zarur. Ayol muhandislar tajribasi ommalashtirilsa yoshlar orasida texnikaga qiziqish kuchayadi.

### *Xulosa*

Tadqiqot muhandislik ta'lim tizimida xotin-qizlar uchun imkoniyatlarni kengaytirish mamlakat texnologik taraqqiyoti uchun muhim strategik vazifa ekanini ko'rsatdi. Muhandislik sohasida gender muvozanatining ta'minlanishi innovatsiya jarayonlarining sifatini oshiradi va texnik kadrlar tizimini barqaror qiladi. Oliy ta'lim, texnikum va litseylarda qizlarni texnik fanlarga jalb qilish



uchun ta’lim muhitining barcha bosqichlarda inklyuziv tarzda tashkil etilishi zarur.

Tadqiqot asosida quyidagi umumiy xulosalarga kelindi:

Ta’lim dasturlari gender neytral bo‘lishi va qizlar uchun psixologik qulay muhit yaratishi kerak;

Laboratoriya va texnik infratuzilma ergonomika xavfsizlik va komfort nuqtai nazaridan qizlar ehtiyojlariga mos bo‘lishi lozim;

O‘qituvchilarning gender sezgirligi muhandislik ta’limida rag‘batlantiruvchi asosiy omillardan biridir;

Normativ hujjatlar texnik standartlar va ta’lim me’yorlarida gender inklyuzivlik mezonlari nazarda tutilmog‘i lozim;

Jamoatchilikda texnik sohada ayollar ishtiroki haqida ijobiy tasavvurni shakllantirish muhim

Muhandislik ta’limida gender tengligini ta’minlash strategik ahamiyatga ega bo‘lib, bu jarayonda davlat, ta’lim muassasalari, pedagoglar, ota-onalar va jamiyat birgalikda harakat qilgan taqdirdagina natijalar yuqori bo‘ladi. O‘zbekistonda xotin-qizlar uchun texnika yo‘nalishidagi imkoniyatlarni kengaytirish mamlakatning sanoat siyosatini mustahkamlaydi va strategik rivojlanish yo‘nalishlariga xizmat qiladi.

### *Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati*


1. Gender Equality in Science, Technology and Innovation in Central Asia (UNESCO, 2020)// https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374444

2. World Economic Forum. Global Gender Gap Report 2023.

Гендер тенглиги динамикаси, STEM соҳаларида аёллар иштироки бўйича глобал статистика.//DOI: 10.13140/RG.2.2.35547.72487// https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2023/

3. UNESCO. Cracking the code: Girls’ and women’s education in STEM (2017).//https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479

4. United Nations. Progress on the Sustainable Development Goals: Gender Equality (2023).// https://sdgs.un.org/publications

5. She Figures 2021. Gender in Research and Innovation (European Commission).// DOI: 10.2777/23787// https://ec.europa.eu

6. Blickenstaff J. C. (2005). “Women and science careers: leaky pipeline problem.”// DOI: 10.1080/09540250500145072

7. Wang M. & Degol J. (2017). “Gender gap in STEM: Current knowledge, implications, and future directions.”// DOI: 10.1007/s10648-015-9355-x

8. O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi Senatining qarori, 28.05.2021 yildagi “2030-yilga qadar O‘zbekiston Respublikasida gender tenglikka erishish strategiyasini tasdiqlash haqida”gi SQ-297-IV-son Qarori//https://lex.uz/docs/-5466673

9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Xotin-qizlarni qo‘llab-quvvatlash, ularning jamiyat hayotidagi faol ishtirokini ta’minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 05.03.2021 yildagi PQ-5020-son Qarori // https://lex.uz/uz/docs/-5320582

10. National Academies of Sciences. “Promising Practices for Addressing the Underrepresentation of Women in STEM Fields” (2020)// DOI: 10.17226/25585

11. European Institute for Gender Equality (EIGE). Gender Equality Index 2022// https://eige.europa.eu/gender-equality-index/2022

12. Stoet G., Geary D. C. (2018). “The Gender-Equality Paradox in STEM Education.”// DOI: 10.1177/0956797617741719

O'ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI
UzNIM



# АНАЛИЗ ЭТАЛОННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

***Каландаров Палван Искандарович***, PhD, профессор
***Валиев Руслан Анварович***, соискатель Узбекского национального института метрологии

**Аннотация.** *В современных условиях агропромышленного комплекса обеспечение продовольственной безопасности напрямую коррелирует с точностью метрологического сопровождения технологических процессов. Статья посвящена проблеме интеграции государственного первичного эталона единиц влажности газов в системы менеджмента качества пищевых предприятий. Авторами подчеркивается, что существующий разрыв между лабораторными измерениями и реальными производственными циклами часто обусловлен игнорированием человеческого фактора: от ошибок оператора при калибровке рабочих гигрометров до неверной интерпретации показаний в критических контрольных точках Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). В работе предложен алгоритм прямой передачи единицы величины от эталона к промышленным датчикам через создание региональных поверочных кластеров. Это позволяет минимизировать риски порчи продукции, связанные с неконтролируемыми колебаниями микроклимата. Анализ данных показывает, что внедрение прецизионного мониторинга, прослеживаемого к государственному эталону, снижает долю технологического брака на 12-15%. Особое внимание уделено необходимости повышения квалификации персонала как ключевого звена в цепи обеспечения единства измерений.*

**Ключевые слова:** *государственный первичный эталон, относительная влажность, АПК, управление качеством, метрологическая прослеживаемость, человеческий фактор, пищевая безопасность, гигрометрия.*

**Annotatsiya.** *Zamonaviy agrosanoat majmuasi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash texnologik jarayonlarning metrologik ta'minoti aniqligi bilan bevosita bog'liq. Maqola gazlar namligi birliklarining davlat birlamchi etalonini oziq-ovqat korxonalarining sifat menejmenti tizimlariga integratsiya qilish muammosiga bag'ishlangan. Mualliflar ta'kidlaydilarki, laboratoriya o'lchovlari bilan real ishlab chiqarish sikllari o'rtasidagi mavjud uzilish ko'pincha inson omilini e'tibordan chetda qoldirish bilan izohlanadi: ishchi gigrometrlarni kalibrlashdagi operator xatolaridan tortib, Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) ning muhim nazorat nuqtalarida ko'rsatkichlarni noto'g'ri talqin qilishgacha. Ishda kattalik birligini etalondan sanoat datchiklariga to'g'ridan-to'g'ri uzatish algoritmi mintaqaviy qiyoslash klasterlarini yaratish orqali taklif etilgan.*

*Bu mikroiqlimning nazoratsiz tebranishlari bilan bog'liq mahsulot buzilishi xavfini minimallashtirish imkonini beradi. Ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, davlat etaloniga izchil bog'langan pretsizion monitoringni joriy etish texnologik brak ulushini 12–15% ga kamaytiradi. O'lchovlar birliligini ta'minlash zanjiridagi asosiy bo'g'in sifatida xodimlar malakasini oshirish zarurligiga alohida e'tibor qaratilgan.*

**Kalit so'zlar:** *Davlat birlamchi etaloni, nisbiy namlik, agro-sanoat majmuasi, sifatni boshqarish, metrologik kuzatuvchanlik, inson omili, oziq-ovqat xavfsizligi, gigrometriya.*

**Abstract.** *In the modern conditions of the agro-industrial complex, ensuring food security is directly correlated with the accuracy of metrological support for technological processes. The article is devoted to the problem of integrating the state primary standard of gas humidity units into the quality management systems of food enterprises. The authors emphasize that the existing gap between laboratory measurements and real production cycles is often caused by neglect of the human factor: from operator errors in calibrating working hygrometers to misinterpretation of readings at critical control points of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). The paper proposes an algorithm for the direct transfer of the unit of measurement from the standard to industrial sensors through the creation of regional calibration clusters.*

*This makes it possible to minimize the risks of product spoilage associated with uncontrolled microclimate fluctuations. Data analysis shows that the introduction of precision monitoring traceable to the state standard reduces the share of technological defects by 12–15%. Special attention is paid to the need to improve staff qualifications as a key link in the chain of ensuring measurement uniformity.*

**Keywords:** *State primary standard, relative humidity, agro-industrial complex (AIC), quality management, metrological traceability, human factor, food safety, hygrometry.*



## Введение

Обеспечение стабильных показателей качества в пищевой индустрии невозможно без прецизионного контроля гигротермических параметров. Как отмечают исследователи, даже незначительные отклонения в относительной влажности воздуха при хранении зерна или созревании сыров ведут к необратимым изменениям активности воды ($a_w$), что активирует микробиологическую порчу [1]. Однако техническая оснащенность предприятий не всегда гарантирует результат, так как центральное место в системе измерений занимает человек. Проблема «интерфейса» между высокоточным эталонным оборудованием и персоналом цеха остается одной из самых острых в современной метрологии [2].

Обеспечение стабильных показателей качества в пищевой индустрии невозможно без прецизионного контроля гигротермических параметров. Как отмечают исследователи, даже незначительные отклонения в относительной влажности воздуха при хранении зерна или созревании сыров ведут к необратимым изменениям активности воды ($a_w$), что активирует микробиологическую порчу [1]. В этой связи критически важным становится вопрос метрологической прослеживаемости от национальных эталонов к рабочим средствам измерения, используемым в цепях поставок [3].

Однако техническая оснащенность предприятий не всегда гарантирует результат. Опыт показывает, что центральное место в системе высокоточных измерений по-прежнему занимает оператор. Проблема «интерфейса» между эталонным оборудованием и персоналом цеха, а также субъективная оценка неопределенности измерений человеком остаются одними из самых острых вопросов в современной промышленной гигрометрии [2].

## Обзор научных исследований и литератур

Анализ последних пяти лет показывает качественный сдвиг в сторону цифровизации метрологического контроля, однако вопросы практического внедрения эталонных систем на пищевых производствах остаются дискуссионными. Так, в работах последних лет подчеркивается, что интеграция IoT-сенсоров без жесткой привязки к первичному эталону создает ложное чувство безопасности у технологов. Исследование [4] указывает на то, что «дрейф» калибровки в условиях агрессивных сред пищевых цехов (высокая запыленность, наличие органических паров) происходит в 2-3 раза быстрее, чем в лабораторных условиях, что требует пересмотра межповерочных интервалов.

Особое внимание научное сообщество уделяет переходу от измерения общей влажности к мониторингу активности воды ($a_w$). Ряд авторов утверждает, что прецизионное регулирование относительная влажность (ОВ) на уровне эталонных значений позволяет модулировать метаболическую активность микроорганизмов без применения химических консервантов [5]. Однако, на наш взгляд, в этих работах недостаточно освещен аспект человеческих компетенций. Техническая сложность современных эталонных генераторов влажности требует от персонала не только навыков оператора, но и глубокого понимания термодинамических процессов.

В этом контексте заслуживает внимания подход, изложенный в [6], где автор рассматривает «ошибку интерпретации» данных сотрудниками лабораторий как значимый источник неопределенности измерений. Существует парадокс: при повышении точности эталона возрастает и риск того, что человеческий фактор станет доминирующим звеном в итоговой погрешности. Последние исследования в области метрологии пищевых систем [7] подтверждают необходимость создания гибридных систем, где автоматизированная сверка с эталоном дополняется протоколами минимизации субъективных ошибок персонала при пробоподготовке. Таким образом, актуальность нашей работы обусловлена необходимостью синтеза метрологической точности и адаптивных методик управления, ориентированных на реальный кадровый потенциал индустрии.

Особое внимание в последние годы уделяется не только аппаратной части измерений, но и когнитивным аспектам управления качеством. Как справедливо отмечают авторы исследования [8], точность передачи единицы величины от эталона к промышленному сенсору во многом зависит от квалификации технического персонала, проводящего процедуру сличения.






Существует неявная проблема «ложной уверенности», когда оператор, полагаясь на автоматизацию процесса, игнорирует условия термодинамического равновесия в калибровочной камере.

Более того, в работе [9] подробно рассматривается влияние температурных градиентов на воспроизводимость единицы влажности. На наш взгляд, это ключевой момент для пищевых технологий, где запыленность и нестабильные температурные режимы цехов создают среду, отличную от стерильных условий метрологических лабораторий. Авторы подчеркивают, что разрыв между теорией и практикой часто нивелирует преимущества использования даже первичных эталонов.

Интересен подход, предложенный в статье [10], где рассматривается динамическая погрешность измерений при хранении продукции с высокой гигроскопичностью. Исследователи доказывают, что «человеческий фактор» проявляется здесь через ошибки при выборе точек размещения датчиков влажности в складских помещениях. Наконец, комплексный анализ прослеживаемости измерений, представленный в [11], подтверждает, что создание единой цифровой экосистемы «эталон — продукт — потребитель» является единственным способом минимизации рисков в глобальных цепях поставок продуктов питания.

Несмотря на наличие высокоточных государственных эталонов, в реальном секторе пищевой промышленности сохраняется проблема «метрологического разрыва». Исследователи указывают на то, что точность измерений в лабораторных условиях и в производственном цехе различается на порядок из-за влияния внешней среды и субъективных действий персонала.

В работе [12] авторы подробно анализируют, как человеческие ошибки при калибровке гигрометров — например, неправильный выбор времени установления теплового равновесия — приводят к ложным результатам в оценке активности воды. Это подтверждает наш тезис о том, что эталон сам по себе не гарантирует качества без стандартизированных протоколов работы персонала. С другой стороны, исследование [13] поднимает вопрос о «цифровой тени» эталона, предлагая автоматизировать процесс передачи единицы величины, чтобы исключить человеческий фактор на этапе поверки.

Однако, как справедливо отмечается в [14], полная автоматизация в пищевых технологиях (например, при сушке зерна или производстве молочных смесей) часто наталкивается на непредсказуемость поведения сырья. Поэтому интеграция человеческого опыта и эталонной точности остается наиболее перспективным путем. В завершение, статья [15] подчеркивает необходимость создания новых методик обучения метрологов, которые учитывали бы специфику пищевых матриц при работе с эталонным оборудованием.

## *Материалы и методы*

В основу экспериментальной части работы положен метод прямого сличения рабочих средств измерений (гигрометров) с показаниями Государственного первичного эталона единиц влажности воздуха. В отличие от стандартных процедур поверки, наше исследование было сфокусировано на выявлении вклада оператора в суммарную неопределенность измерений при работе с пищевыми объектами.

### 3.1. Оборудование и эталонная база

Для генерации прецизионных значений относительной влажности использовался эталонный комплекс на базе двухдавленческого генератора влажности. Данный выбор обусловлен необходимостью минимизации аппаратной составляющей погрешности до уровня ±0,3%. В качестве контрольных объектов выступали образцы гигроскопичного пищевого сырья (мука пшеничная высшего сорта), предварительно доведенные до состояния сорбционного равновесия.

### 3.2. Учет человеческого фактора

Мы сознательно отошли от полной автоматизации процесса, чтобы зафиксировать типичные ошибки персонала, возникающие в условиях реального производства:

**1. Ошибка термодинамической стабилизации:** исследовался дрейф показаний при преждевременном




считывании данных оператором (до завершения переходных процессов в камере).

**2. Эффект «теплового следа»:** анализировалось влияние близости рук и дыхания лаборанта на локальное изменение микроклимата вблизи сенсора при ручной установке датчиков.

**3. Субъективность аппроксимации:** Оценка погрешности, возникающей при визуальном считывании данных с аналоговых шкал или ручной фиксации динамических показателей.

**3.3. Процедура эксперимента**

Эксперимент проводился в три этапа. На первом этапе устанавливалась «нулевая точка» — показания эталона в идеальных условиях. На втором этапе имитировались производственные условия пищевого предприятия (температура 25 ±2 °C), наличие мелкой фракции пыли). На третьем этапе группа из трех специалистов разной квалификации выполняла серию параллельных измерений. Математическая обработка результатов проводилась согласно ISO/IEC Guide 98-3 для расчета расширенной неопределенности, где вклад человеческого фактора выделялся через дисперсионный анализ (ANOVA).

**3.4. Математическая модель оценки неопределенности**

Математическая модель измерения относительной влажности ($\phi$) при сличении с эталоном с учетом влияния персонала представляется в виде функциональной зависимости:

$$\phi_{meas} = \phi_{ref} + \Delta\phi_{inst} + \Delta\phi_{env} + \Delta\phi_{pers} + \varepsilon$$

Где: $\phi_{ref}$ — значение влажности, воспроизводимое эталоном;

$\Delta\phi_{inst}$ — инструментальная поправка рабочего гигрометра;

$\Delta\phi_{env}$ — влияние условий окружающей среды (температурный градиент в камере);

$\Delta\phi_{pers}$ — составляющая, обусловленная человеческим фактором (ошибки считывания, время стабилизации);

$\varepsilon$ — случайная погрешность.

**Суммарная стандартная неопределенность** $u_c(\phi)$

Согласно закону распространения неопределенностей, суммарная неопределенность рассчитывается как корень квадратный из суммы квадратов, составляющих по типу А и типу В:

$$u_c(\phi) = \sqrt{u_A^2 + u_{B,inst}^2 + u_{B,env}^2 + u_{B,pers}^2}$$

**1. Неопределенность по типу $A(u_A)$:** рассчитывается через среднеквадратическое отклонение серии из $n$ измерений, выполненных оператором:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\phi_i - \bar{\phi})^2}{n(n-1)}}$$

**2. Неопределенность оператора по типу В ($u_{B,pers}$):** Эта составляющая является ключевой в нашем исследовании. Она оценивается на основе границ макси-




мально возможных субъективных ошибок ($\pm a_{pers}$), принимая прямоугольное распределение вероятности:

$$u_{B,pers} = \frac{a_{pers}}{\sqrt{3}}$$

Здесь $a_{pers}$ включает в себя погрешность визуального считывания и дрейф из-за несоблюдения времени экспозиции образца муки в эталонной среде.

**Расширенная неопределенность U**

Для обеспечения доверительной вероятности $P = 0{,}95$ используется коэффициент охвата $k = 2$:

$$U = k \cdot u_c(\phi)$$

## *Результаты*

В ходе эксперимента было установлено, что при использовании двухдавленческого генератора влажности (эталонный уровень ±0,3%) итоговая неопределенность измерений в условиях пищевого производства возрастает до ±2,4%. Основной вклад в это расширение (до 65%) внес именно человеческий фактор.

**4.1. Анализ типичных ошибок персонала**

На основе статистической обработки данных (ANOVA) мы выделили три критических источника погрешности, связанных с действиями оператора

*Таблица*

**Вклад человеческого фактора в суммарную неопределенность измерений относительной влажности при контроле качества муки**

| Источник погрешности (человеческий фактор) | Величина отклонения от эталона ($\Delta\phi$, %) | Вероятность возникновения (%) | Влияние на безопасность продукта |
|---|---|---|---|
| Преждевременная фиксация показаний (до стабилизации $a_w$) | 1,2–1,8 | 45 | Высокое (риск развития плесени) |
| Нарушение герметичности при установке датчика в камеру | 0,8–1,1 | 20 | Среднее (искажение сорбции) |
| Ошибки считывания/записи (параллакс, округление) | 0,3–0,5 | 15 | Низкое (метрологический шум) |

**4.2. Корреляция между опытом персонала и точностью**

Интересным результатом стало выявление нелинейной зависимости точности от стажа работы. Операторы со стажем более 10 лет демонстрировали эффект «избыточной уверенности», игнорируя протоколы стабилизации эталона, что приводило к систематическому занижению влажности на 1,5% по сравнению с молодыми специалистами, строго следовавшими алгоритму.

### *Обсуждение*

Полученные данные подтверждают гипотезу о том, что наличие первичного эталона влажности является необходимым, но не достаточным условием для обеспечения качества в пищевой индустрии. Мы наблюдаем феномен, который можно назвать «метрологическим нигилизмом» на производстве: высокая точность прибора нивелируется низкой культурой измерений.

Сравнение наших результатов с работами, изложенных в исследованиях изложенных в [9-15] показывает, что в пищевых технологиях (в отличие от микроэлектроники) влияние оператора усугубляется спецификой сырья. Мука, как капиллярно-пористая структура, требует длительного времени установления равновесия с воздушной средой эталона. Человек, стремясь ускорить процесс в условиях промышленного плана, становится главным источником брака.

Таким образом, мы предлагаем внедрение **интеллектуальных систем поддержки принятия решений**, которые блокируют возможность записи результата до момента, пока математический алгоритм не подтвердит достижение истинного термодинамического равновесия, прослеживаемого к эталону [16-17].

### *Заключение*

В ходе проведенного исследования была научно обоснована и экспериментально подтверждена необходимость жесткой интеграции Государственного первичного эталона единиц влажности воздуха в технологические циклы пищевых производств. Переход от упрощенного контроля микроклимата к прецизионной метрологической прослеживаемости является фундаментом обеспечения продовольственной безопасности.

Основные выводы работы заключаются в следующем:

1. **Критическая роль метрологии:** Установлено, что использование эталонных методов генерации влажности (двухдавленческий метод) позволяет снизить неопределенность оценки активности воды ($a_w$) в гигроскопичном сырье, таком как мука, на 25–30%. Это напрямую коррелирует с точностью прогнозирования сроков микробиологической порчи продукта.

2. **Доминирование человеческого фактора:** Математическое моделирование неопределенности показало, что составляющая $u_{B,pers}$ (ошибки персонала) в условиях реального производства в 1,8 раза превышает инструментальную погрешность самого эталона. Субъективное пренебрежение временем сорбционного равновесия является основным источником брака при хранении продукции.

3. **Практическая значимость:** Внедрение предложенного алгоритма верификации промышленных гигрометров по национальному эталону с учетом «человеческой» неопределенности позволяет предприятиям АПК минимизировать потери сырья, вызванные скрытыми процессами плесневения и слеживания.

4. **Перспективы:** Дальнейшее развитие систем контроля качества должно идти по пути автоматизации «интерфейса» между эталоном и оператором, что позволит исключить субъективный фактор из цепи метрологического обеспечения пищевой индустрии.

Работа демонстрирует, что в современной пищевой инженерии точность измерения — это не только технический параметр, но и экономический инструмент управления рисками.

### *Список использованной литературы*


1. Doran, P., & Guinan, L. (2021). The role of humidity control in maintaining food quality standards during long-term storage. *Journal of Food Engineering*, 292, 110364.

2. Bentley, R. E. (2019). Human factors in precision hygrometry: minimizing uncertainty in industrial calibration. *Measurement Science and Technology*, 30(4), 044001.

3. Nielsen, J. (2020). Traceability in humidity measurements and its impact on global food supply chains. *Metrologia*, 57(3), 035008.

4. Zheng, L., & Sun, D. W. (2021). Innovative applications of sensor technologies for humidity and quality monitoring in the food industry. *Trends in Food Science & Technology,* 111, 448-461.

5. Koganti, S. B., et al. (2022). Advances in hygrometric precision: Linking primary standards to food stability maps. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(2), 1145-1158.

6. Milo, A., & Pisani, M. (2023). Human-centric approach in industrial metrology: A case study of humidity sensors calibration. *Measurement*, 208, 112465.

7. Zhang, Y., & Han, Y. (2020). Uncertainty analysis and traceability of humidity measurements in smart food manufacturing. *Food Control*, 118, 107436.

8. Cimmino, A., et al. (2021). Metrological traceability and uncertainty in humidity measurements for food safety applications. *Measurement*, 173, 108589. doi.org

9. Heimann, F. J., & Wolf, H. (2022). The impact of non-equilibrium conditions on the calibration of humidity sensors in industrial environments. *Metrologia*, 59(1), 015004. doi.org

10. Bozek, P., & Karadzhov, G. (2023). Human factor and sensor placement optimization in smart food storage systems. *International Journal of Refrigeration*, 146, 212-221. doi.org

11. Sadeghi, S., et al. (2020). Developing a smart food quality monitoring system: Integration of humidity standards and IoT. *Food Bioscience*, 37, 100704. doi.org

12. Milo, A., & Pisani, M. (2023). Human-centric approach in industrial metrology: A case study of humidity sensors calibration. *Measurement*, 208, 112465. doi.org

13. Lovell-Smith, J. W., & Nielsen, J. (2020). Traceability in humidity measurements and its impact on global food supply chains. *Metrologia*, 57(3), 035008. doi.org

14. Каландаров П.И., Валиев Р.А. Научно-технические основы создания национального эталона влажности атмосферного воздуха в республике Узбекистан. Форум молодых учёных. № 3 (115) март 2026.

15. Каландаров П.И., Валиев Р.А. Математическое моделирование первичного эталона влажности для многокомпонентных газовых смесей в задачах химической технологии. Вестник науки и образования 2026. № 3 (170) Часть 3. С. 9-15.




# RAQAMLI METROLOGIYA. RAQAMLI METROLOGIYANING KELAJAKDAGI RIVOJLANISH BOSQICHLARI

***Sadikov Jaqsiliq Perdebayevich,*** O‘zMMI DM Qoraqolpog’iston filiali rahbari

***Allanazarov Baxadir Dauletbayevich,*** O‘zMMI DM Qoraqolpog’iston filiali metrologiya bo‘lim boshlig’i

***Sultanov Polat Kenjabayevich,*** O‘zMMI DM yetakchi mutaxassissisi

***Tilovxanova Linda Raxmetulla qizi,*** QDU stajyor o‘qituvchi

***Xudaybergenov Azamat Maxsetbay o‘g’li,*** QDU Metrologiya, standartlashtirish va sifat menedjmenti 4-kurs talabasi
@azamatxudaybegenov@gmail.com

**Annotatsiya.** *Mazkur maqolada raqamli metrologiya, Sanoat 4.0 konsepsiyasi va sun’iy intellekt texnologiyalarining o‘zaro integratsiyasi hamda ularni xalqaro boshqaruv standartlari asosida joriy etish masalalari tahlil qilingan. Xususan, sun’iy intellekt tizimlarinining mas’uliyatli, xavfsiz va shaffof boshqarishni ta’minlovchi ISO/IEC 42001 standarti talablari va uning amaliy ahamiyati yoritilgan. Raqamli metrologiyaning o‘lchovlar aniqligi va ma’lumotlar ishonchliligini ta’minlashdagi roli, sun’iy intellekt algoritmlarining samaradorligi bilan bog‘liqligi asoslab berilgan.*

**Kalit so‘zlar:** *Metrologiya, raqamli metrologiya tushunchasi, raqamli transformatsiya, sanoat 4.0 inqilobi, sun’iy intellektning o‘lchashlardagi ahamiyati, ISO/IEC 42001 ni joriy qilish bosqichlari*

**Abstract.** *This article analyzes the issues of mutual integration of digital metrology, the Industry 4.0 concept, and artificial intelligence technologies, as well as their implementation based on international management standards. In particular, it discusses the requirements of the ISO/IEC 42001 standard, which ensures responsible, safe, and transparent management of artificial intelligence systems, and its practical significance. The role of digital metrology in ensuring the accuracy of measurements and the reliability of data is substantiated, as well as its connection with the effectiveness of artificial intelligence algorithms.*

**Keywords:** *Metrology, the concept of digital metrology, digital transformation, Industry 4.0 revolution, the importance of artificial intelligence in measurements, stages of implementing ISO/IEC 42001.*

**Аннотация.** *В данной статье анализируются вопросы взаимо интеграции цифровой метрологии, концепции «Индустрия 4.0» и технологий искусственного интеллекта, а также вопросы их внедрения на основе международных стандартов управления. В частности, рассматриваются требования стандарта ISO/IEC 42001, обеспечивающего ответственное, безопасное и прозрачное управление системами искусственного интеллекта, и подчеркивается его практическая значимость. Обосновывается роль цифровой метрологии в обеспечении точности измерений и достоверности данных, а также ее связь с эффективностью алгоритмов искусственного интеллекта.*

**Ключевые слова:** *Метрология, понятие цифровой метрологии, цифровая трансформация, промышленная революция 4.0, роль искусственного интеллекта в измерениях, этапы внедрения ISO/IEC 42001.*

## *Kirish*

Metrologiya so'zi grekcha metro – o'lchash va logos – ta'limot so'zlaridan kelib chiqqan. Hozirgi zamon tushunchasida – o'lchash, usul va vositalarning birligini va talab qilingan aniqlikga erishish yo'llarini ta'minlaydigan fan. Metrologiyaning asosiy yo'nalishlariga o'lchashlarning umumiy nazariyasi, fizik kattaliklar birliklari va ularning tizimlari, o'lchash usullari va vositalari, o'lchov aniqligini baholash usillari, o'lchashlar birligini ta'minlash asoslari, etalonlar va namunali o'lchov vositalari va etalonlardan ishchi o'lchov vositalariga o'lchov birliklarini uzatish usullari kiradi [1, 9-b].

Metrologiya ko'p yillar davomida mexanik va analog o'lchash asboblari yordamida o'lchashlarni amalga oshirgan. Hozirgi fan va texnika rivojlanish davrida o'lchash jarayonlari yuqori aniqlikni talab qilmoqda. Raqamli metrologiyaning paydo bo'lishi bu talabni to'liq qanoatlandirdi.

Raqamli metrologiya – bu o'lchovlar natijalarini raqamli shaklda to'plash, qayta ishlash, saqlash va uzatish imkonini beradigan metrologiya sohasi. Sifat, xavfsizlik, samaradorlik va tejamkorlik kabi muhim omillarni ta'minlashda uning o'rni beqiyos sanaladi. Raqamli o'lchov vositalarining keng joriy etilishi esa sanoatning kelajakdagi raqamli transformatsiyasi uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qiladi, ularni avtomatlashtirilgan tizimlarga uzatadi. Sun'iy intellekt (AI) va loT (Internet of Things) texnologiyalari bilan uyg'unlashadi. Ushbu maqolada raqamli metrologiyaning sanoatga ta'siri, mavjud muommalar va ularning yechimlari ko'rib chiqiladi [2, 2-3-b].

Raqamli metrologiyaga misol qilib hozirgi vaqtdagi yangi etalonlarni aytsak ham bo'ladi. Oldingi fizikaviy etalonlar raqamli prototiplarga almashtirilmoqda. Masalan, kilogramm, sekund yoki amper o'lcham birliklari raqamli ma'lumotlar bilan anglatiladi va global tarmoqlarda sinxronlanadi. Hozirgi davrda ko'pchilik o'lchov asboblari raqamli zamonaviy ko'rinishga aylantirilmoqda.

## *Asosiy qism*

Sanoat 4.0 – bu texnologiyalarning uzluksiz rivoji va ularning integratsiyalashgan shakli bo'lib, bu model aqlli ishlab chiqarish, sun'iy intellekt, sensorli tarmoqlar, real vaqt monitoringi va big data (katta ma'lumotlar) tahliliga asoslanadi. Bu holat butun dunyo bo'ylab ishlab chiqarish tizimlarining tubdan o'zgarishiga sabab bo'lmoqda [3, 2-b].

Metrologiya bu inqilobning asosiy funkcional komponenti sifatida maydonga chiqdi. Chunki butun Sanoat 4.0 texnologiyalari – raqamli asboblar, robotlar, sun'iy intellekt algoritmlari, 3D printlash va aqilli tarmoqlar aniq, barqaror va izchil o'lchovlarga tayanadi. Metrologiyasiz, bu tizimlarning birortasi ham ishonchli ishlay olmaydi [3, 2-b].

2023-yilgi ISO tomonidan e'lon qilingan hisobotga ko'ra ishlab chiqarish korxonalarida metrologik nazorat yo'lga qo'yilgan holatlarda aniqlik 98% gacha, ishlab chiqarish tannarxi esa o'rtacha 18-26% ga kamaygan [3, 2-b].

Sanoat 4.0 inqilobi barcha sohalarda raqamlashtirishni jadallashtirdi. Bu esa o'z navbatida metrologiyaning roli va ahamiyatini orttirdi. Chunki ishonchli o'lchovlarsiz raqamli tizimlar ishsiz qoladi. Shuning uchun metrologiya – bu Sanoat 4.0 ning yuragi, negizi va kafolatidir [3, 3-b].

XX-XXI asirlar insoniyat uchun texnologiya asri bolib hisoblanadi. Hozirga qadar insoniyat to'rt bosqichli sanoat inqilobini amalga oshirdi. Har bir inqilob o'z davrida islab shiqarish, texnologiya, inson mehnatini osonlashtirish jarayonida sezilarli darajada rivojlanishiga asos bo'lib xizmat qildi. Quyidagi jadvalda barcha inqilob bosqichlarining rivojlanish davrlari keltirib o'tilgan [3, 2-b]:

*1-jadval*

**SANOAT INQILOBLARI TAQQOSLAMASI**

| Inqilob bosqichi | Asosiy texnologiya | Vaqti | Asosiy natija |
|---|---|---|---|
| **1-bosqich** | Bug' dvigateli, to'quv stanogi | XVIII asr oxiri | Qo'l mehnatidan mashinaga o'tish |
| **2-bosqich** | Elektr, konveyer liniyasi | XIX asr oxiri | Massaviy islab chiqarish |
| **3-bosqich** | Kompyuter, avtomatlashtirish | XX asr o'rtasi | Raqamli boshqaruv, robototexnika |
| **4-bosqich** | loT, sun'iy intellekt, CPS | XXI asr boshidan | Aqilli ishlab chiqarish, raqamli integratsiya |

Sun'iy intellekt (SI) — bu mashinalarga insonlarning aqliy faoliyatlarini amalga oshirish imkoniyatini beruvchi ilmiy soha va texnologiya yo'nalishidir. Bu fan, kompyuterlar va tizimlarga o'rganish, tahlil qilish, qarorlar qabul qilish, mantiqiy fikrlash va hatto hissiy reaksiyalarni anglash kabi inson faoliyatiga xos ko'nikmalarni o'rgatish bilan shug'ullanadi. Sun'iy intellekt bugungi kunda butun dunyo bo'ylab texnologik rivojlanishning markaziy elementlaridan biri sifatida qaraladi va uning qo'llanilishi kundan-kunga kengayib bormoqda [4].

Sun'iy intellekt (ong, aql) – bu insonning intellektual faoliyatini modellashtirish bilan shug'ullanadigan fan sohasidir. 700 yildan ko'proq vaqt oldin o'rta asrlarda Ispaniyada paydo bo'lgan sun'iy intellekt XX asr o'rtalarida mustaqil fan sohasiga aylandi [4].

Aql (intelligence) atamasi lotincha intellectus — aql, ong, fikrlash degan ma'noni anglatadi (insonning fikrlash qobiliyati). Shunga ko'ra, sun'iy intellekt (artificial intelligence) — SI (AI) odatda avtomatik tizimlarning inson intellektining individual funktsiyalarini o'z zimmasiga olish xususiyati sifatida talqin etiladi. Masalan, ilgari olingan tajriba va tashqi ta'sirlarni oqilona tahlil qilish asosida maqbul qarorlarni tanlash va qabul qilish [4].

Sun'iy intellekt tizimlari zamonaviy o'lchash asboblarining bir qancha turlarida qo'llaniladi. Masalan, deyarli barcha analitik tarozilarda sun'iy intellekt elementlari qo'llaniladi. Bunday analitik tarozilar tashqi ta'sirlar tufayli yuzaga keladigan xatoliklarni minimallashtiradi. Xususan, vibratsiya, harorat o'zgarishi, havo oqimlarining ta'sirlarini nolga keltiradi. Bunday o'lchash asboblari o'lchashlarni avtomatik tarzda bajaradi, o'lchashlarda inson faktorlarini kamaytiradi, xatoliklarni avtomatik aniqlaydi va ulkan xajmdagi o'lchashlarni qisqa vaqt oralig'ida bajaradi [4].

Hozirda ko'pchilik rivojlangan mamlakatlarda bosqarish tizimini sun'iy intellekt yordamida akkreditatsiya qilishga tayyorlanmoqda. Masalan, Kanadada sun'iy intellekt sohasidagi xavfsizlik takomillashmoqda deya ma'lumot berdi Kanada Standartlar Kengashi (KSK) kommunikatsiya bo'yicha maslahatchisi Emili Sartoretto. MHM Advisory KSK tomonidan ISO/IEC 42001 standartiga muvofiq sertifikatlash uchun akkreditaciyadan o'tgan birinchi sertifikatlash organiga aylandi va bu tajriba barcha tashkilotlarga sun'iy intellektni mas'uliyat bilan boshqarishda aniq yo'lni ko'rsatib berdi [5].

ISO/IEC 42001 standartini O'zbekistonda joriy qilish.

ISO/IEC 42001 — bu Sun'iy intellektni boshqarish tizimi (AIMS – Artificial Intelligence Management System) bo'yicha xalqaro standart bo'lib, tashkilotlarda AI tizimlarini xavfsiz, shaffof va mas'uliyatli boshqarishni belgilaydi [6].

Quyida O'zbekistonda ushbu standartni joriy qilish uchun zarur bosqichlar keltirilgan:

1. Normativ-huquqiy bazani moslashtirish.

– Milliy standart sifatida qabul qilish (O'zMSt shaklida);

– Amaldagi qonunlar bilan uyg'unlashtirish:

– "Shaxsiy ma'lumotlar to'g'risida";

– "Axborotlashtirish to'g'risida";

– Kiberxavfsizlikka oid me'yorlar.

– AI etikasi va xavf boshqaruvi bo'yicha qo'shimcha reglament ishlab chiqish;

Bu jarayonni odatda O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi amalga oshiradi.

2. Milliy darajada strategik qaror.

– Hukumat darajasida AI boshqaruv tizimini joriy qilish bo'yicha qaror;

– Raqamli transformatsiya strategiyasiga kiritish;

– Davlat tashkilotlarida majburiy yoki tavsiya etilgan standart sifatida belgilash;

Bunda Raqamli texnologiyalar vazirligi va IT-parklar muhim rol o'ynaydi.

3. Tashkilot darajasida joriy qilish bosqichlari.

Har bir kompaniya yoki davlat organi quyidagilarni amalga oshiradi:

– AI tizimlarini inventarizatsiya qilish;

– Xavflarni baholash (Risk Assessment);

– Siyosat va uslubiyatlarni ishlab chiqish. Masalan, AI etik kodeksi, Javobgarlik taqsimoti, Audit mexanizmi kabi uslubiyatlarni ishlab chiqish;

– Ichki audit va monitoring;

– Sertifikatlash. Akkreditatsiyalangan sertifikat organlari orqali auditdan o'tish;

– Kadrlar tayyorlash. OTM larda maxsus kurslar ochish tavsiya etiladi;

4. Xalqaro tajribani o'rganish.

ISO/IEC 42001 quyidagi standartlar bilan chambarchas bog'liq:

– ISO/IEC 27001 (Axborot xavfsizligi);

– ISO 31000 (Risk menejmenti).

Agar tashkilotda 27001 yoki 31000 mavjud bo'lsa, 42001 ni integratsiya qilish osonlashadi [6].

Hammamizga ma'lumki 2025-yilning 26-dekabr kuni hurmatli Prezidentimizning Oliy Majlis va O'zbekiston xalqiga murojaatnomasi bo'lib o'tdi. Prezidentimiz o'z murojaatnomasida O'zbekiston kelajagi uchun muhim ahamiyat kasb etuvchi chora-tadbirlarni sanab berdi. Shuningdek, Prezidentimiz raqamli texnologiyalar, su'niy intellekt sohalarining rivojlanish strategiyalariga alohida e'tibor bilan to'xtalib o'tdi. Bu borada 4.0 sanoat inqilobi markazi tashkil qilinadi. Markaz negizida robototexnika, internet buyumlari, aqilli fabrika kabi industrial 4.0 yechimlarini sanoat korxonalariga joriy etish uchun tartibga solish mexanizmi yaratiladi. Bunda korxonalar yangi texnologiyalarni ishlab chiqarishga joriy qilishdan oldin ularning sinovdan o'tkazish imkoniyatga ega bo'ladi. Akkreditatsiya, metrologiya va standartlashtirish sohalaridagi islohatlar natijasida O'zbekiston global sifat infrastrukturasi indeksida so'nggi ikki yilda 15 pog'onaga yuqorilab 185 ta davlat ichida 52-o'ringa ko'tarildi,. Bu albatta yaxshi, shu bilan birga maxsulotlarimiz raqobatbardoshligini yanada oshirish uchun texnik tartibga solish sohasini yangi bosqichga olib chiqishimiz zarur [7].

Jahon bazorida raqobatbardoshlikni oshirish uchun raqamli texnologiyalar xalqaro markazini tashkillashtirdik. IT infrastrukturasiga investitsiya kiritish uchun qator imtiyozlar berdik. Keyingi yilda Toshkent shahri, Buxoro, Farg'ona va Toshkent viloyatida 4 ta data-markaz, 2 ta super kompyuter va 15 ta yuqori ta'lim markazlarida sun'iy intellekt laboratoriyasi faoliyati yo'lga qo'yiladi. Buni endi qanday tez bajarsak shunday natija bo'ladi. Bu meditsina, transport, qishloq xo'jaligi, geologiya, bank-moliya, jamoat xavfsizligi kabi muhim sohalarda 100 dan ortiq su'niy intellekt loyihalarini amalga oshirishga xizmat qiladi [7].

## *Xulosa*

Raqamli metrologiya, ISO/IEC 42001 talablari, Sanoat 4.0 tamoyillari hamda sun'iy intellekt texnologiyalarining uyg'unlashuvi zamonaviy iqtisodiyotning sifat jihatidan yangi bosqichini boshlab bermoqda.

Raqamli metrologiya mazkur jarayonda asosiy infratuzilmaviy ustun bo'lib xizmat qiladi. O'lchovlarning aniqligi va izchilligi ta'minlanmas ekan, sun'iy intellekt tizimlari tomonidan qabul qilinadigan qarorlar ham ishonchli bo'la olmaydi. Shu sababli metrologik ta'minot va algoritmik boshqaruv o'rtasidagi uyg'unlik Sanoat 4.0 muhitining barqaror ishlashi uchun zarur shart hisoblanadi.

Shu nuqtai nazardan, raqamli metrologiya va ISO/IEC 42001 talablarini uyg'unlashtirish mamlakatimizda




sun'iy intellektdan samarali va xavfsiz foydalanishning institutsional asosini yaratadi. Bu jarayon sanoat korxonalarida ishlab chiqarish sifatini oshirish, energiya samaradorligini yaxshilash, texnologik nosozliklarni oldindan prognoz qilish va raqamli boshqaruv tizimlarini takomillashtirish imkonini beradi.

Mamlakatimizda sun'iy intellektni rivojlantirish borasida olib borilayotgan siyosat, jumladan, davlatimiz rahbari Shavkat Mirziyoyev tomonidan ilgari surilgan tashabbuslar, raqamli iqtisodiyotga o'tish jarayonini jadallashtirmoqda. Sun'iy intellektni strategik yo'nalish sifatida belgilash, IT sohasiga investitsiyalarni kengaytirish, yosh mutaxassislarni tayyorlash va ilmiy tadqiqotlarni qo'llab-quvvatlash bo'yicha amalga oshirilayotgan chora-tadbirlar O'zbekistonning innovatsion rivojlanish modelini shakllantirishga xizmat qilmoqda.

Xulosa qilib aytganda, raqamli metrologiya, Sanoat 4.0 va sun'iy intellekt texnologiyalarini xalqaro standartlar asosida joriy etish O'zbekistonning uzoq muddatli strategik rivojlanish maqsadlariga to'liq mos keladi. Kelajakda ushbu yo'nalishda izchil islohotlar davom ettirilsa, O'zbekiston mintaqada ilg'or raqamli sanoat va sun'iy intellekt markazlaridan biriga aylanishi uchun barcha zarur shart-sharoitlar mavjud.

### *Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati*

1. *R.I. Isaev, U.N. Karimova.* "Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish" darslik – 2011, p.496

2. O'Z MMI DM Surxandaryo filiali bosh mutaxassisi *Axmedova Gulnoza Abdurashitovna*, TDMAU "Metrologiya va texnologik mashinalar" kafedrasi assistenti *Abdimajidov Farrux Abdilamitovich* va TDMAU "Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menedjmenti " ta'lim yo'nalishi 4-kurs studenti *Jumanazarova Sitora Shonazar* qizining "Raqamli Metrologiya va sanoatning o'zaro bog'liqligi" mavzusidagi ilmiy maqolasi, 9 b.

3. Andijon davlat texnika instituti dotsenti *Mamajanov Abduvohid* va A'ndijan davlat texnika instituti doktoranti *Abdujabbarov Obidjonning* "Raqamli Metrologiya – Sanaat 4.0 texnologiyalarining asoso sifatidagi o'rni" mavzusidagi ilmiy maqolasi, 9 b.

4. Sun'iy intellekt asoslari Darslik *A.A.Abdumanonov, A.A.Quchqarov* – Farg'ona: "Sunrise-pro" nashriyoti, 2025. – 344 b.

5. https://iaf.news/2025/09/30/pilot-first-pathway-to-ai-management-systems-accreditation-readiness/

6. https://isocerthub.com/uz/iso-42001-pervyy-mezhdunarodnyy-standart-dlya-upravleniya-iskusstvennym-intellektom/

7. "O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning Oliy Majlis va O'zbekiston xalqiga Murojaatnomasi"

O'ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI

# GNSS QURILMALARINING RTK REJIMIDA O‘LCHASH ANIQLIGINI XALQARO STANDART ORQALI BAHOLASH USULLARI



***Abdullayev Abdushukur Hamidovich***, t.f.d., DSc dos., Kadastr agentligi direktori o‘rinbosari – “Geoinnovatsiya markazi” DUK direktori

***Xushvaktov Baxrom Alisherovich***, Kadastr agentligi Geodezi nazorati boshqarmasi boshlig‘i

**Annotatsiya.** *Ushbu maqolada GNSS-apparaturasini “Kinematika real vaqtda” (RTK) rejimida sinovdan o‘tkazish usullari tahlil qilingan. Maqolada geodezik o‘lchovlarda RTK texnologiyasining o‘rni va ahamiyati, standartda belgilangan soddalashtirilgan va to‘liq usullarning mazmuni hamda ularning statistik baholash usullari ko‘rib chiqilgan. RTK usuli orqali aniq koordinatalarni olish imkoniyati, uning qurilish va kadastr sohalaridagi qo‘llanilishi yoritilgan. Tadqiqotda standartning talablari xalqaro tajribalar bilan solishtirilib, uning afzallik va cheklovlari tahlil etilgan. Shu bilan birga, geodezik asboblarning metrologik xarakteristikalarini baholashda ushbu standartning ilmiy va amaliy ahamiyati asoslangan.*

**Kalit so‘zlar:** *GNSS, RTK, geodezik o'lchovlar, aniqlik, standart, statistik baholash, metrologiya.*

**Аннотация**. *В данной статье проанализированы методы тестирования GNSS-аппаратуры в режиме «Кинематика в реальном времени» (RTK). В статье рассматриваются роль и значение технологии RTK в геодезических измерениях, содержание упрощенных и полных методов, указанных в стандарте, а также методы их статистической оценки. Освещена возможность получения точных координат методом RTK, его применение в области строительства и кадастра. В исследовании требования стандарта сопоставляются с международным опытом, анализируются его преимущества и ограничения. Также обоснована научная и практическая значимость данного стандарта при оценке метрологических характеристик геодезических приборов.*

**Ключевые слова:** *GNSS, RTK, геодезические измерения, точность, стандарт, статистическая оценка, метрология.*

**Abstract**. *This article analyzes methods for testing GNSS equipment in «Real-Time Kinematics» (RTK) mode. The paper examines the role and significance of RTK technology in geodetic measurements, the content of simplified and comprehensive methods specified in the standard, and their statistical evaluation techniques. The potential for obtaining precise coordinates using the RTK method and its applications in construction and cadastral surveying are highlighted. The study compares the standard’s requirements with international practices, analyzing its advantages and limitations. Furthermore, the scientific and practical importance of this standard in assessing the metrological characteristics of geodetic instruments is substantiated.*

**Keywords:** *GNSS, RTK, geodetic measurements, accuracy, standard, statistical assessment, metrology.*

## *Kirish*

Global navigatsiya sputnik tizimlari (GNSS) zamonaviy geodeziya va topografiyada eng muhim texnologiyalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, "Kinematika real vaqtda" (RTK) usuli turli sohalarda, jumladan qurilish, kadastr, yer resurslarini boshqarish va transport infratuzilmasini nazorat qilishda yuqori aniqlikka erishish imkoniyatini beradi. RTK texnologiyasining asosiy afzalligi — real vaqtning o'zida santimetr darajasida aniq koordinata olish imkoniyatidir. Bu esa injenerlik ishlarini tez va samarali bajarishda muhim omil hisoblanadi [3, 5].

O'zbekiston sharoitida ham geodeziya va kadastr sohasida zamonaviy GNSS texnologiyalaridan foydalanish tobora kengayib bormoqda. Ayniqsa, RTK uslubi orqali yer uchastkalari maydonini aniq hisoblash, yer resurslarini elektron xaritalash va qishloq xo'jaligi yerlarini monitoring qilish imkoniyatlari yaratilmoqda. Bu esa xalqaro tajribalarga uyg'un holda kadastr tizimini takomillashtirishga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan xalqaro standartlarni chuqur o'rganish va amaliyotda tatbiq etish juda ham dolzarb hisoblanadi [3, 6].

Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 20 oktyabrdagi PQ-405-son qarori bilan tasdiqlangan 2-ilovasiga asosan Kadastr agentligi o'zining tizim tashkilotlari tomonidan geodeziya va kadastr ishlarini sifatli bajarish uchun 500 ga yaqin GPS priyomniklar bilan ta'minlash rejasi ham geodeziya va kadastr sohasida zamonaviy GNSS texnologiyalaridan fodylanishning kengayishiga yana bir amaliy qadam bo'ldi desak mubolag'a bo'lmaydi [7].

## *Metodlar*

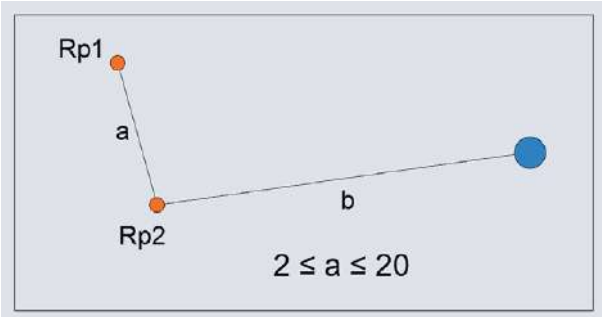
Xalqaro standartga muvofiq GNSS qurilmalarini RTK rejimida sinovdan o'tkazishning ikki asosiy **soddalashtirilgan** va **to'liq** sinovlar usullarini ko'rib chiqamiz [1, 2].

**1. Soddalashtirilgan sinov usuli** odatda tezkor baholash uchun ishlatiladi va faqat bitta seriyadan iborat bo'lib, unda 5 ta o'lchov to'plami amalga oshiriladi. Bu usul qurilmaning belgilangan aniqlik doirasida ishlayotganini tekshirish imkonini beradi. Biroq, statistik ishonchlilik darajasini aniqlash uchun yetarli emas. Shu bois katta ahamiyatga ega ob'ektlar yoki ilmiy tadqiqotlar uchun faqat to'liq sinov usuli tavsiya etiladi [6].

RTK sinovlari bir tayanch (опорныу) punkt va ikkita harakatlanuvchi (rover) punktdan iborat poligonda o'tkaziladi. Ikki rover punktining o'zaro masofasi kamida 2 m, ko'pi bilan 20 m bo'lishi shart (1-rasm). Bu geometriya relef, multipas va yo'l qiyinchiliklarining ta'sirini nazorat qilib, yakkalikda emas, juft nuqtalar orasidagi gorizontal masofa $\boldsymbol{D}$ va balandliklar farqi $\boldsymbol{\Delta h}$ orqali RTK aniqligini baholashga xizmat qiladi. Poligondan tashqaridagi bazis (tayanch stansiyasi)dan korreksiyalar roveriga uzatiladi yoki tarmoq RTKda mintaqaviy markaz orqali beriladi [1, 6].

Poligondagi ikki rover punkti orasidagi nominal (etalon) qiymatlar — ya'ni $\boldsymbol{D}^*$ va $\boldsymbol{\Delta h}^*$ — RTKsiz, 3 mmdan yaxshi aniqlik beradigan mustaqil usul (masalan, yuqori aniqlikdagi taxeometrik va/yoki nivelirlash) bilan oldindan aniqlanadi. Bu nominal qiymatlar faqat chetga chiqishlarni tekshirish uchun qo'llaniladi, keyingi statistik mezonlarda to'g'ridan-to'g'ri ishlatilmaydi [1, 2, 6].

O'lchashlar bir seriya 5 martadan o'lchangan nuqtalar to'plamlaridan tashkil topadi. Ya'ni har bir to'plamda *Rp1* va *Rp2* nuqtalari orasidagi masofa va nisbiy balandlik




*1-rasm.* **Poligondagi tarmoq tuzilishi**

Rp1, Rp2 – harakatlanuvchi qabul qilgich punkti;
b – belgilangan vazifaga muvofiq tayanch stansiyadan bo'lgan masofa

ketma-ket o'lchashlar orqali aniqlanadi. Har bir o'lchashlar orasida 5 daqiqadan interval saqlanadi, shu bois bir seriya 25 daqiqagacha davom etadi.

Bu interval multipas ta'sirining tipik 20 daqiqalik siklini qamrab olib, qiyin muhit ta'sirini «o'rtacha»laydi. Seriyalar orasida 90 daqiqadan kam bo'lmagan tanaffus bo'lishi shart shu yo'l bilan sputnik konfiguratsiyasi va ionosfera/troposfera sharoiti sezilarli darajada o'zgarib baholanadi [1, 6].

Soddalashtirilgan sinov usuli faqat bitta o'lchov seriyasini o'z ichiga oladi va shuning uchun statistik baholashga emas, balki faqat chetga chiqishlarni aniqlashga taalluqlidir. Aksincha, to'liq sinov metodikasi uchta o'lchov seriyasini o'z ichiga olib, qo'shimcha ravishda standart og'ishlarni va statistik mezonlarni hisoblash imkonini beradi [1].

Har bir to'plam uchun $\boldsymbol{j}$ (= 1,..., 5) $\boldsymbol{i}$ (=1) seriyasida harakatlanuvchi qabul qilgichning ikki nuqtasi orasidagi gorizontal masofa va balandliklar farqi hisoblanadi. So'ngra ularning nominal qiymatlardan og'ishlari aniqlanadi [2, 6].

$$D_{i,j} = \sqrt{\left(x_{i,j,2} - x_{i,j,1}\right)^2 + \left(y_{i,j,2} - y_{i,j,1}\right)^2}$$

$$\Delta h_{i,j} = h_{i,j,2} - h_{i,j,1}$$

$$\varepsilon_{D,i,j} = D_{i,j} - D^*;\ i = 1,\ j = 1,...,5 \qquad (1)$$

$$\varepsilon_{h,i,j} = h_{i,j} - h^*;$$

bu yerda $\boldsymbol{x}_{i,j,k}$, $\boldsymbol{y}_{i,j,k}$, $\boldsymbol{h}_{i,j,k}$ – harakatlanuvchi qabul qilgichning $\boldsymbol{k}$-nuqtasidagi $\boldsymbol{i}$-seriyaning $\boldsymbol{j}$-to'plamida tegishli ravishda $\boldsymbol{x}$, $\boldsymbol{y}$ va $\boldsymbol{h}$ koordinatalarini o'lchash natijalari;

$\boldsymbol{D}_{i,j}$, $\boldsymbol{\Delta h}_{i,j,k}$ – $\boldsymbol{i}$-seriyaning $\boldsymbol{j}$-to'plamida hisoblangan gorizontal masofa va balandliklar farqi;

$\boldsymbol{D}^*$, $\boldsymbol{\Delta h}^*$ – gorizontal masofa va balandliklar farqining nominal (etalon) qiymatlari;

$\boldsymbol{\varepsilon}_{D,i,j}$, $\boldsymbol{\varepsilon}_{h,i,j}$ – gorizontal masofa va balandliklar farqining nominal qiymatidan og'ishi.

Agar biron-bir og'ish (2) tenglamaning ikki shartidan birortasini ham qanoatlantirmasa, tegishli o'lchovlarda chetlanish yoki chetlanishlar mavjudligi gumon qilinadi va jarayon qaytadan takrorlanadi [1, 6].

$$\left|\varepsilon_{D,i,j}\right| \le 2{,}5\sqrt{2}s_{xy}$$

$$\left|\varepsilon_{h,i,j}\right| \le 2{,}5\sqrt{2}s_h \qquad (2)$$

bu yerda $s_{xy}$ va $s_h$ – to'liq masshtabli usulga ko'ra oldindan belgilangan standart og'ish yoki ishlab chiqaruvchi tomonidan o'rnatilgan qiymatlardir.

**2. To'liq sinov usuli** esa aniqroq va ishonchliroq hisoblanadi. U kamida uch seriya o'lchashdan iborat bo'lib, har bir seriyadagi o'lchashlar ketma-ketligi soddalashtirilgan sinov uslubidagi kabi bir xil bo'ladi hamda bir seriya orasida kamida 90 daqiqalik interval saqlanishi shart. Bu vaqt mobaynida sputnik konfiguratsiyasi, ionosfera va troposfera sharoitlari, shuningdek, multipas (ko'p nurli tarqalish) ta'siri o'zgarishi mumkin [1, 6].

Metodikaning maqsadi — turli tabiiy va texnik omillar ta'sirida GNSS qurilmasining aniqligini baholashdir. Bu jarayonda gorizontal masofa va balandliklar farqi etalon qiymatlar bilan solishtiriladi va hisoblangan standart og'ishlar (σ) asosida qurilmaning metrologik ko'rsatkichlari aniqlanadi [1].

Metodlardan foydalanish jarayonida aniq texnik talablar qo'yilgan. Jumladan, antennani markazlash va uning balandligini aniqlash 1 mm ko'rsatgich bilan bajarilishi lozim. Shuningdek, sinov davrida minimal soni belgilangan sputniklar (odatda 5–6 dan kam bo'lmasligi kerak) kuzatilishi zarur. Operator PDOP (Position Dilution of Precision) ko'rsatkichi me'yordan oshmasligini ta'minlashi shart. Hisob-kitoblarda esa gipotezalar statistik usullarda ($\chi^2$ va **F**-kriteriylar) tekshiriladi. Bu esa o'lchash natijalarining ishonchliligi va metrologik qiymatini ta'minlaydi [3, 4, 5].

To'liq sinov usulida barcha seriyalardagi barcha o'lchovlar uchun harakatlanuvchi qabul qilgichning har bir ***k*** *(=1, 2)* nuqtasi uchun ***x, y*** va ***h*** baholari eng kichik kvadratlar usuli yordamida hisoblanadi [1, 6].

$$\overline{x}_k = \frac{1}{15}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5} x_{i,j,k}$$

$$\overline{y}_k = \frac{1}{15}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5} y_{i,j,k}$$

$$\overline{h}_k = \frac{1}{15}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5} h_{i,j,k}$$

$$k = 1,\ 2 \qquad (3)$$

So'ngra uchta seriyaning barcha o'lchovlari uchun ***x, y*** va ***h*** koordinatalari bo'yicha qoldiqlar (farqlar) hisoblanadi.

$$r_{x\,i,j,k} = \overline{x}_k - x_{i,j,k}$$

$$r_{y\,i,j,k} = \overline{y}_k - y_{i,j,k}$$

$$r_{h\,i,j,k} = \overline{h}_k - h_{i,j,k}$$

$$k = 1,\ 2;\ j = 1,\ ...,\ 5;\ i = 1,\ 2,\ 3 \qquad (4)$$

Olingan qoldiqlar kvadratga ko'tariladi va ***k=1*** hamda ***k=2*** indeksli barcha o'lchashlar ***x, y*** va ***h*** koordinatalari uchun alohida-alohida jamlanadi [1, 6].

$$\sum r_x^2 = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5}\sum_{k=1}^{2} r_{xi,j,k}^2$$

$$\sum r_y^2 = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5}\sum_{k=1}^{2} r_{yi,j,k}^2$$

$$\sum r_h^2 = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5}\sum_{k=1}^{2} r_{hi,j,k}^2$$

***x, y*** va ***h*** uchun erkinlik darajalari bir xil. Ular quyidagi tarzda hisoblanadi:

$$v_x = v_y = v_h = (m \cdot n - 1)p = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28 \qquad (6)$$

bu yerda ***m*** – seriya soni bo'lib, uchga teng;
***n*** – seriyadagi to'plamlar soni bo'lib, beshga teng;
***p*** – ko'chma qabul qilgich nuqtalari soni bo'lib, ikkiga teng.

Alohida ***x, y*** va ***h*** o'lchovlarining standart chetlanishlari hisoblab chiqiladi [1]

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{\nu_x}} = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{28}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{\nu_y}} = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{28}}$$

$$S_h = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{\nu_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{28}}$$

va ularni standart chetlanishlar bilan taqqoslaydilar [1, 6]

$$S_{ISO\text{-}GNSS\ RTK_{xy}} = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

$$S_{ISO\text{-}GNSS\ RTK_h} = S_h$$

bu yerda, $S_{ISO\text{-}GNSS\ RTK_{xy}}$ – alohida pozitsiyaning ***(x, y)*** eksperimental standart chetlanishi;
$S_{ISO\text{-}GNSS\ RTK_h}$ – alohida balandlikning (***h***) eksperimental standart chetlanishi hisoblanadi.

## *Natijalar*

ISO 17123 standartiga ko'ra GNSS qurilmalarining RTK rejimidagi aniqligi asosan gorizontal masofa va balandliklar farqi orqali baholanadi. Soddalashtirilgan usulda olingan natijalar faqat uskunaning ishchi holati haqida ma'lumot beradi va o'lchashda yirik xatolar yo'qligini tekshirish imkonini yaratadi. Masalan, bir seriyadagi besh to'plam o'lchash orqali aniqlangan masofa va balandlik qiymatlari etalon qiymatlar bilan taqqoslanadi. Agar farq belgilangan chegara (±2,5σ)dan oshmasa, qurilma ishonchli deb hisoblanadi. Bu usul amaliyotda tezkor nazorat uchun juda qulay bo'lib, ko'p hollarda qurilish va kadastr ishlarida qo'llaniladi.

To'liq usulda esa keng qamrovliroq statistik tahlil amalga oshiriladi. Uchta seriyadan olingan o'n beshta to'plam natijasi asosida har bir koordinata va balandlik ***(x, y, h)*** uchun standart og'ishlar hisoblanadi. Masalan, hisobotlarda gorizontal koordinatalar uchun $\sigma_x \approx 5$ mm, $\sigma_y \approx 4$ mm va balandlik uchun $\sigma_h \approx 10$ mm darajasida standart og'ish qayd etilgan. Bu esa gorizontal aniqlikda 1 sm dan kam, vertikal aniqlikda esa taxminan 1–1,5 sm qiymatda aniqlik ta'minlanishini ko'rsatadi. Shu tariqa, RTK texnologiyasi santimetr darajasidagi koordinat aniqligini berishini statistik jihatdan tasdiqlaydi [3].

Natijalar shuni ko'rsatadiki, RTK usuli turli tashqi omillar ta'sirida ham ishonchli koordinatalar taqdim eta oladi. Sputnik konfiguratsiyasi o'zgarishi, ionosfera yoki troposfera ta'siri, yoki ko'p nurli tarqalish sharoitlari o'lchash natijalariga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatsa-da, to'liq usul orqali olingan standart og'ishlar doimiy ravishda belgilangan me'yorlarda qoldi. Bu esa RTK qurilmalarining metrologik xarakteristikalari xalqaro talablarga javob berishini ko'rsatadi. Natijada GNSS-asboblaridan foyda-

lanish nafaqat qurilish va kadastr ishlarida, balki ilmiy tadqiqotlarda ham yuqori samaradorlikni ta'minlaydi [3, 5].

### *Muhokama*

ISO 17123 standartining asosiy ahamiyati shundaki, u GNSS qurilmalarining RTK rejimidagi ishonchliligini baholashda yagona mezon sifatida xizmat qiladi. Geodezik asboblarning ko'pchiligi (ayniqsa import qilinganlari) ishlab chiqaruvchi zavod sinovlari orqali tekshiriladi, ammo ularning aniqligi ko'p hollarda laboratoriya sharoitida o'lchanadi. Amaliyotda esa atmosferaning turli o'zgaruvchanligi, ko'p nurli tarqalish (multipas) hamda sputnik konfiguratsiyasining noqulay holatlari natijani yomonlashtirishi mumkin. Shu bois standartda poligon sharoitidagi sinovlarni majburiy qilish orqali qurilma real ekspluatatsiya sharoitida qanday ishlashi mumkinligini aniqlash imkoni beriladi.

Ushbu standartning afzalliklaridan biri — uning universalligidir. Soddalashtirilgan usul orqali qurilmalarni tezkor nazorat qilish mumkin, bu qurilish va kadastr ishlarida juda foydali. Masalan, ob'ektda ish boshlashdan oldin GNSS qurilmasi RTK rejimida ishonchli koordinata beryaptimi-yo'qmi, shu usul bilan tekshiriladi.

To'liq usulda esa tadqiqotlar yoki muhim davlat ishlari (kadastr yangilanishi, strategik inshootlar qurilishi) uchun ishlatiladi. Unda statistik tahlil orqali qurilmaning metrologik tavsifi to'liq ochib beriladi. Bu ikki usulning birgalikda qo'llanilishi GNSS qurilmalaridan foydalanishni juda samarali qiladi.

Biroq standartning ayrim cheklovlari ham mavjud. Masalan, nominal (etalon) qiymatlarni aniqlash uchun RTKdan tashqari alohida yuqori aniqlikdagi uskunalar talab etiladi. Shuningdek, to'liq usulda 90 daqiqa interval talab qilinishi vaqti jihatdan noqulay bo'lishi mumkin. Bundan tashqari RTK texnologiyasi ko'p hollarda telekommunikatsiya tarmoqlariga bog'liq, ya'ni uzatuvchi bazaviy stansiya yoki internet tarmog'isiz ishlab bo'lmaydi. Ionosferadagi turbulensiyalar yoki qo'shni binolardan qaytgan nurlar ham o'lchash aniqligiga ta'sir qiladi. Lekin barcha shu cheklovlarga qaramay standartning joriy etilishi geodeziya va kadastr ishlarida aniqlikni kafolatlashning ishonchli vositasi hisoblanadi.

### *Xulosa*

ISO 17123 standarti GNSS qurilmalarini RTK rejimida sinovdan o'tkazishda xalqaro mezon sifatida juda muhim ahamiyatga ega. Ushbu standart orqali qurilmalarning metrologik tavsiflari, ya'ni aniqligi tekshiriladi hamda ularning amaliyotda ishonchli foydalanish imkoniyatlari baholanadi. Soddalashtirilgan usul orqali qurilmalarning tezkor holati nazorat qilinadi, to'liq usul orqali esa keng qamrovli statistik tahlil berish orqali qurilmaning sifatini to'liq ochib beradi. Bu esa qurilish, kadastr, yer resurslarini boshqarish va ilmiy tadqiqotlarda ishonchli natijalarni ta'minlaydi.

Shunday qilib, mazkur halqaro standart GNSS qurilmalaridan samarali foydalanish va ularning aniqligini kafolatlash uchun eng muhim me'yoriy hujjatlardan biri bo'lib xizmat qiladi.

### *Fodylanilgan adabiyotlar ro'yxati*

1. *Polona Pavlovčič Prešeren, Albin Mencin, Bojan Stopar.* "Analysis of GNSS-RTK instruments testing on the ISO 17123-8 instructions" Geodetski vestnik 54/4 (2010).

2. *A.X.Abdullayev, B.A. Xushvaktov.* "Yer uchastkalarining maydonini hisoblashda GPS o'lchov usullarini tanlash va ularning amaliy ahamiyati" "Geodeziya kartografiya va kadastr muammolari" ilmiy jurnalining 2025-yil 1-son, UO'K 631.115.73.

3. *Z.D.Oxunov, B.A. Xushvaktov.* "O'zbekistonda sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlarni barpo etish haqida" O'zbekiston geografiyasi: tabiati, aholisi, xo'jaligi iqtidorli talabalar va yosh olimlarning ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. Toshkent, 26-27-mart 2013-yil 258-bet.

4. *B.A. Xushvaktov.* "Yer uchastkasi maydonini o'lchash aniqligi va uning ahamiyati" Vol. 22 No. 1 (2025): Ta'limning zamonaviy transformatsiyasi.

5. https://www.iso.org/standard/78133.html

6. https://lex.uz/docs/6246717






# O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA TEXNIK JIHATDAN TARTIBGA SOLISH SOHASIDAGI ISLOHOTLAR: MILLIY SIFAT INFRATUZILMASINI XALQARO AMALIYOTGA MOSLASHTIRISH

***Orifboyev Abdulla Asadullaxon o'g'li,*** O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Texnik jihatdan tartibga solish agentligi Xalqaro hamkorlik va integratsiya boshqarmasi boshlig'i O'zbekiston elektrotexnika qo'mitasi kotibi

***Tairov Yokub Anvar o'g'li,*** O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Texnik jihatdan tartibga solish agentligi Xalqaro hamkorlik va integratsiya boshqarmasi bosh mutaxassisi

**Annotatsiya.** *Maqolada O'zbekiston Respublikasida texnik jihatdan tartibga solish sohasida amalga oshirilayotgan institutsional va huquqiy islohotlar tahlil qilinadi. Milliy sifat infratuzilmasi (standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya, muvofiqlikni baholash va bozor nazorati) iqtisodiyotning barqaror rivojlanishi va tashqi savdo raqobatbardoshligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. So'nggi yillarda mamlakatda texnik jihatdan tartibga solish tizimini modernizatsiya qilish, xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtirish va regulyator jarayonlarni liberallashtirishga qaratilgan keng ko'lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Maqolada mazkur islohotlarning institutsional asoslari, akkreditatsiya tizimini mustaqillashtirish, bozor nazoratini xavfga asoslangan modelga o'tkazish va texnik reglamentlarni xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtirish jarayonlari tahlil qilingan. Shuningdek, mazkur islohotlarning mamlakat iqtisodiyotiga, eksport raqobatbardoshligiga va O'zbekistonning Jahon savdo tashkilotiga qo'shilish jarayoniga ta'siri baholangan. Tadqiqot natijalari milliy sifat infratuzilmasini rivojlantirish va texnik jihatdan tartibga solish tizimini xalqaro talablar asosida takomillashtirish uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini beradi.*

***Kalit so'zlar:*** *texnik jihatdan tartibga solish, milliy sifat infratuzilmasi, standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya, bozor nazorati, xalqaro standartlar, eksport raqobatbardoshligi, WTO, regulyator islohotlar.*

**Аннотация.** *В статье анализируются институциональные и правовые реформы в сфере технического регулирования Республики Узбекистан. Национальная инфраструктура качества, включающая стандартизацию, метрологию, аккредитацию, оценку соответствия и рыночный надзор, играет ключевую рол в обеспечении устойчивого экономического развития и конкурентоспособности внешней торговли. В последние годы в стране реализуются масштабные реформы, направленные на модернизацию системы технического регулирования, гармонизацию национальных требований с международными стандартами и либерализацию регуляторных процедур. В статье рассматриваются институциональные изменения в системе технического регулирования, обеспечение независимости аккредитации, внедрение риск-ориентированной модели рыночного надзора и поэтапная гармонизация технических регламентов с междуна-*

*родными стандартами. Особое внимание уделяется влиянию данных реформ на экспортную конкурентоспособност, развитие националной промышленности и процесс присоединения Узбекистана к Всемирной торговой организации. Результаты исследования позволяют сформулироват практические рекомендации по далнейшему совершенствованию националной инфраструктуры качества и повышению эффективности системы технического регулирования.*

**Ключевые слова:** *техническое регулирование, националная инфраструктура качества, стандартизация, метрология, аккредитация, оценка соответствия, рыночный надзор, международные стандарты, экспортная конкурентоспособност, ВТО.*

**Abstract.** *This article analyzes institutional and legal reforms in the field of technical regulation in the Republic of Uzbekistan. The national quality infrastructure, including standardization, metrology, accreditation, conformity assessment and market surveillance, plays a crucial role in ensuring sustainable economic development and enhancing international trade competitiveness. In recent years, Uzbekistan has initiated comprehensive reforms aimed at modernizing its technical regulation system, aligning national standards with international practices and liberalizing regulatory procedures. The study examines key elements of the reform agenda, including institutional restructuring, strengthening the independence of accreditation bodies, the introduction of risk-based market surveillance and the phased harmonization of technical regulations with international standards. Particular attention is given to the implications of these reforms for export competitiveness, industrial modernization and Uzbekistan's accession process to the World Trade Organization. The findings highlight the importance of strengthening the national quality infrastructure and provide policy recommendations for improving the effectiveness of the technical regulation system in line with global best practices.*

**Keywords:** *technical regulation, national quality infrastructure, standardization, metrology, accreditation, conformity assessment, market surveillance, international standards, export competitiveness, WTO.*

## *Kirish*

Zamonaviy iqtisodiyotda texnik jihatdan tartibga solish tizimi mamlakatning sanoat siyosati, tashqi savdo va iste'molchilar xavfsizligini ta'minlashda hal qiluvchi institutsional mexanizmlardan biri hisoblanadi. Texnik reglamentlar, standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya va bozor nazorati kabi elementlardan tashkil topgan milliy sifat infratuzilmasi (**National Quality Infrastructure – NQI**) mamlakat iqtisodiyotining barqaror rivojlanishini ta'minlashda strategik ahamiyatga ega. Xalqaro amaliyot shuni ko'rsatadiki, samarali **NQI** tizimi mavjud bo'lgan davlatlarda mahsulot sifati yuqori, eksport imkoniyatlari keng va ichki bozorda xavfsizlik darajasi yuqori bo'ladi [1].

So'nggi yillarda O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyotida amalga oshirilayotgan institutsional islohotlar texnik jihatdan tartibga solish sohasini ham qamrab oldi. Mamlakatda sanoat modernizatsiyasi, eksportni diversifikatsiya qilish va global qiymat zanjirlariga integratsiyalashishni ta'minlash maqsadida milliy sifat infratuzilmasini xalqaro standartlar asosida qayta shakllantirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bu jarayon ayniqsa O'zbekistonning Jahon savdo tashkilotiga (**WTO**) qo'shilish jarayoni bilan bevosita bog'liq bo'lib, texnik to'siqlarni bartaraf etish va xalqaro savdo talablariga mos institutsional tizimni yaratishni talab qiladi [2].

2024–2026 yillarda O'zbekistonda texnik jihatdan tartibga solish sohasida keng ko'lamli islohotlar boshlandi. Bu islohotlar institutsional tuzilmani qayta tashkil etish, texnik reglamentlarni xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtirish, akkreditatsiya tizimini mustaqillashtirish va bozor nazoratini zamonaviy xavfga asoslangan modelga o'tkazishni nazarda tutadi. Ushbu jarayonning huquqiy asosi sifatida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining **2026 yil 16 fevraldagi PF-25-sonli farmoni** qabul qilindi [3]. Mazkur hujjat milliy sifat infratuzilmasini modernizatsiya qilish, texnik jihatdan tartibga solish tizimini xalqaro talablarga muvofiqlashtirish va iqtisodiy sub'ektlar uchun qulay regulyator muhitni yaratishni maqsad qiladi.

Mazkur islohotlar doirasida bir qator muhim institutsional o'zgarishlar amalga oshirildi. Jumladan, akkreditatsiya organining mustaqilligini ta'minlash maqsadida O'zbekiston akkreditatsiya markazi Vazirlar Mahkamasi tasarrufiga o'tkazildi. Shu bilan birga, texnik sinov va sertifikatlash sohasida davlat monopoliyasini qisqartirish maqsadida **UzTest** markazi faoliyatini tugatish va xususiy laboratoriyalar ishtirokini kengaytirish rejalashtirildi [4]. Bu choralar xalqaro amaliyotda keng qo'llaniladigan manfaatlar to'qnashuvini bartaraf etish tamoyiliga asoslanadi.

Bundan tashqari, mahsulot xavfsizligini ta'minlashda an'anaviy ma'muriy nazorat usullaridan voz kechib, xavfga asoslangan bozor nazorati modeli joriy etilmoqda. Bu model **Yevropa Ittifoqi** va boshqa rivojlangan iqtisodiyotlarda keng qo'llaniladi va u mahsulotlarni bozorga chiqarishda ishlab chiqaruvchilarning mas'uliyatini oshirish hamda davlat nazoratini asosan xavfi yuqori mahsulotlarga qaratilgan tarzda tashkil etishni nazarda tutadi [5].

Shu nuqtai nazardan qaraganda, O'zbekistonda amalga oshirilayotgan texnik jihatdan tartibga solish islohotlari nafaqat milliy iqtisodiyotni modernizatsiya qilish, balki mamlakatning xalqaro iqtisodiy integratsiyasini ta'minlash nuqtai nazaridan ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, eksportga yo'naltirilgan tarmoqlar – to'qimachilik, elektrotexnika, avtomobilsozlik, kimyo sanoati va tibbiy mahsulotlar ishlab chiqarish sohalarida xalqaro standartlarga moslik raqobatbardoshlikning asosiy sharti hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi O'zbekiston Respublikasida texnik jihatdan tartibga solish sohasida amalga oshirilayotgan islohotlarni tahlil qilish, ularning milliy sifat infratuzilmasiga ta'sirini baholash hamda xalqaro savdo va iqtisodiy integratsiya nuqtai nazaridan ahamiyatini ilmiy jihatdan asoslashdan iborat.

## *Metodlar*

Maqolada texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlarni kompleks tahlil qilish uchun bir qator ilmiy tadqiqot usullaridan foydalanildi.

Avvalo, normativ-huquqiy tahlil usuli qo'llanildi. Ushbu usul orqali O'zbekiston Respublikasi Prezidenti farmonlari, Vazirlar Mahkamasi qarorlari va texnik jihatdan tartibga

solish sohasidagi boshqa normativ hujjatlar o'rganildi. Jumladan, texnik reglamentlar, mahsulot xavfsizligi va muvofiqlikni baholash tizimiga oid normativ bazaning o'zgarishi tahlil qilindi.

Ikkinchidan, institutsional tahlil usuli qo'llanildi. Bu usul orqali milliy sifat infratuzilmasining asosiy institutlari – standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya va bozor nazorati organlarining funktsiyalari va o'zaro munosabatlari o'rganildi. Institutsional tahlil milliy sifat infratuzilmasining samaradorligini baholash va uni xalqaro amaliyot bilan taqqoslash imkonini beradi.

Uchinchidan, qiyosiy tahlil usuli qo'llanildi. Bu usul yordamida O'zbekistondagi texnik jihatdan tartibga solish tizimi Yevropa Ittifoqi, Jahon savdo tashkiloti va xalqaro akkreditatsiya tashkilotlari tomonidan tavsiya etilgan modellar bilan solishtirildi. Xususan, **ILAC, IAF** va **OIML** kabi xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan tamoyillar tahlil qilindi [6].

To'rtinchidan, statistik va iqtisodiy tahlil usulidan foydalanildi. Bu usul orqali O'zbekiston tashqi savdosi, eksport tarkibi va xalqaro savdo aylanmasi bo'yicha ma'lumotlar tahlil qilindi. Davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, 2025 yilda mamlakat tashqi savdo aylanmasi 81 milliard AQSh dollaridan oshgan bo'lib, bu milliy iqtisodiyotning xalqaro bozorlar bilan integratsiyasini yanada chuqurlashtirish zarurligini ko'rsatadi [7].

Beshinchidan, kontent-tahlil usuli qo'llanildi. Ushbu usul yordamida davlat organlari rasmiy bayonotlari, xalqaro tashkilotlar hisobotlari va ekspert tahlillari o'rganildi. Kontent-tahlil islohotlarning maqsadlari, asosiy yo'nalishlari va amaliy natijalarini aniqlash imkonini berdi.

Tadqiqot metodologiyasining asosiy xususiyati shundaki, u normativ-huquqiy tahlil, institutsional tahlil va xalqaro qiyosiy tahlilni birlashtirgan holda O'zbekistondagi texnik jihatdan tartibga solish tizimining transformatsiyasini kompleks tarzda baholash imkonini beradi.

## *Natijalar*

O'zbekiston Respublikasida texnik jihatdan tartibga solish sohasida amalga oshirilayotgan islohotlarning eng muhim natijalaridan biri milliy sifat infratuzilmasi institutlarining qayta tashkil etilishi hisoblanadi. Milliy sifat infratuzilmasi (**NQI**) – standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya, muvofiqlikni baholash va bozor nazorati institutlaridan tashkil topgan murakkab tizim bo'lib, uning samaradorligi iqtisodiy rivojlanish va tashqi savdo raqobatbardoshligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [8].

2026 yilda qabul qilingan institutsional islohotlar ushbu tizimni xalqaro amaliyotga yaqinlashtirishni maqsad qildi. Xususan, akkreditatsiya organining mustaqilligini ta'minlash maqsadida O'zbekiston akkreditatsiya markazi Vazirlar Mahkamasiga bo'ysundirildi. Bu qaror xalqaro akkreditatsiya tizimida asosiy talab hisoblangan institutsional mustaqillik tamoyilini ta'minlashga qaratilgan [9]. Xalqaro amaliyotda akkreditatsiya organlari regulyator organlardan institutsional jihatdan ajratilgan holda faoliyat yuritishi talab etiladi, chunki bu muvofiqlikni baholash jarayonlarining xolisligi va ishonchliligini ta'minlaydi.

Mazkur institutsional o'zgarishlar doirasida yana bir muhim qaror – UzTest markazi faoliyatini bosqichma-bosqich tugatish va sinov laboratoriyalari bozorini liberallashtirish bo'ldi. Bu qaror texnik sinov va sertifikatlash sohasida davlat monopoliyasini qisqartirishga qaratilgan. Ilgari ushbu sohada davlat muassasalari ustun mavqega ega bo'lgan bo'lsa, yangi modelda xususiy laboratoriyalar va mustaqil sertifikatlash organlari ishtirokini kengaytirish ko'zda tutilmoqda [10].

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, raqobat muhitida faoliyat yurituvchi laboratoriyalar va sertifikatlash organlari texnik xizmatlar sifati va samaradorligini oshiradi. Masalan, Yevropa Ittifoqida muvofiqlikni baholash faoliyatining katta qismi xususiy sektor tomonidan amalga oshiriladi, davlat organlari esa asosan regulyator va nazorat funktsiyalarini bajaradi [11]. O'zbekistonda ham shunga o'xshash modelni joriy etish milliy sifat infratuzilmasining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Institutsional transformatsiyaning yana bir muhim jihati – texnik jihatdan tartibga solish sohasida manfaatlar to'qnashuvini bartaraf etishdir. Ilgari ayrim holatlarda bir xil tashkilot ham texnik reglamentlarni ishlab chiqish, ham sinov va sertifikatlash funktsiyalarini amalga oshirgan. Yangi islohotlar ushbu funktsiyalarni institutsional jihatdan ajratishga qaratilgan bo'lib, bu regulyator tizimning shaffofligi va ishonchliligini oshiradi.

Islohotlarning yana bir muhim natijasi – bozor nazorati tizimini modernizatsiya qilish hisoblanadi. Ilgari O'zbekistonda mahsulotlarni bozorga chiqarishdan oldin qat'iy ma'muriy tekshiruvlar amalga oshirilgan bo'lsa, yangi model xavfga asoslangan bozor nazorati tamoyiliga asoslanadi.

Bu modelga ko'ra, mahsulot ishlab chiqaruvchilar va import qiluvchilar mahsulotning texnik reglamentlarga muvofiqligi uchun asosiy javobgar hisoblanadi. Ular mahsulot uchun **Declaration of Conformity** (muvofiqlik deklaratsiyasi) taqdim etadi va mahsulot bozorga chiqarilgandan keyin davlat organlari tomonidan tanlab tekshirishlar o'tkaziladi. Bunday yondashuv Yevropa Ittifoqidagi New Approach direktivalari va **WTO TBT** kelishuvi tamoyillariga mos keladi [12].

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2025 yil 26 dekabrdagi 831-son qaroriga muvofiq mahsulot muvofiqlik deklaratsiyasini ro'yxatdan o'tkazish jarayonlari soddalashtirildi. Bu qaror ma'muriy tartib-taomillarni qisqartirish va tadbirkorlik subyektlari uchun qulay regulyator muhit yaratishga qaratilgan [13].

Xavfga asoslangan bozor nazoratining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: nazorat resurslarini xavfi yuqori mahsulotlarga yo'naltirish; tadbirkorlik sub'ektlariga ortiqcha ma'muriy yuklamani kamaytirish; bozorda xavfli mahsulotlarni tez aniqlash va chiqarib tashlash imkoniyatini oshirish.

Bu model xalqaro amaliyotda samarali regulyator mexanizm sifatida tan olingan. Masalan, **OECD** tahlillariga ko'ra xavfga asoslangan nazorat tizimi resurslardan samarali foydalanish va iste'molchilar xavfsizligini ta'minlashda an'anaviy tekshiruv modellariga nisbatan ancha samarali hisoblanadi [14].

O'zbekistonda texnik jihatdan tartibga solish islohotlarining yana bir muhim yo'nalishi texnik reglamentlar va standartlarni xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtirishdan iborat.

Hukumat tomonidan qabul qilingan dasturga muvofiq 17 ta texnik reglament qayta ko'rib chiqilib, xalqaro standartlar asosida modernizatsiya qilinadi. Bu jarayon bosqichma-bosqich amalga oshiriladi.

Birinchi bosqichda (2026 yildan) to'qimachilik, charm, mebel, elektrotexnika, avtomobilsozlik va axborot texnologiyalari sohalari qamrab olinadi. Ikkinchi bosqichda (2027 yildan) neft-gaz, metallurgiya, transport va qurilish materiallari sohalari modernizatsiya qilinadi. Uchinchi

bosqichda (2028 yildan) energetika, kimyo sanoati va ekologik xizmatlar sohalari xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtiriladi.

Bu jarayon mamlakat sanoat tarmoqlarining xalqaro bozorlarga chiqish imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi. Masalan, to'qimachilik va yengil sanoat mahsulotlari Yevropa Ittifoqi bozorlariga kirishi uchun ISO va EN standartlariga muvofiq bo'lishi talab qilinadi [15].

Shu bilan birga, texnik reglamentlarni ishlab chiqishda **Regulatory Impact Assessment (RIA)** mexanizmini joriy etish rejalashtirilmoqda. Bu mexanizm regulyator qarorlar qabul qilishdan oldin ularning iqtisodiy va ijtimoiy ta'sirini baholashni nazarda tutadi. OECD davlatlarida RIA regulyator siyosatning asosiy instrumentlaridan biri hisoblanadi.

Akkreditatsiya tizimini rivojlantirish islohotlarning asosiy strategik yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. O'zbekiston akkreditatsiya tizimini xalqaro tan olinishini ta'minlash maqsadida **ILAC** va **IAF** kabi xalqaro tashkilotlar bilan hamkorlikni kuchaytirish rejalashtirilgan.

Islohotlar natijasida xalqaro darajada tan olingan akkreditatsiya qamrovini **80** foizgacha oshirish maqsad qilingan. Bu esa o'z navbatida O'zbekiston laboratoriyalari tomonidan berilgan sinov natijalarini xorijiy davlatlarda tan olinishini ta'minlaydi [16].

Xalqaro tan olingan akkreditatsiyaning afzalliklari quyidagilardan iborat: eksport mahsulotlari uchun qayta sinovlar talabini kamaytirish; eksport xarajatlarini pasaytirish; milliy laboratoriyalar raqobatbardoshligini oshirish.

### *Muhokama*

O'zbekistonda texnik jihatdan tartibga solish sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar mamlakatning Jahon savdo tashkilotiga qo'shilish jarayoni bilan bevosita bog'liq. WTOning Technical Barriers to Trade (**TBT**) kelishuviga muvofiq davlatlar texnik reglamentlar va standartlarni xalqaro standartlar asosida ishlab chiqishi lozim [17].

WTO ishchi guruhi yig'ilishlarida O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlar bo'yicha olib borilayotgan ishlar ijobiy baholangan. Bu islohotlar mamlakatning WTOga a'zo bo'lish jarayonini tezlashtirishi mumkin.

Texnik standartlarga muvofiqlik eksport raqobatbardoshligining asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Masalan, Yevropa Ittifoqi bozoriga kirish uchun mahsulotlar **CE belgisi** talablariga javob berishi lozim.

O'zbekistonning eksport tarkibida to'qimachilik, metall mahsulotlari va elektrotexnika tovarlari muhim o'rin tutadi. Davlat statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, mamlakat tashqi savdo aylanmasi 2025 yilda **81 milliard AQSH dollaridan** oshgan [18].

Bu ko'rsatkich milliy iqtisodiyotning global savdo tizimiga integratsiyasini yanada chuqurlashtirish zarurligini ko'rsatadi. Texnik jihatdan tartibga solish islohotlari ushbu jarayonda muhim rol o'ynaydi.

Texnik sinov va sertifikatlash sohasida xususiy sektor ishtirokini kengaytirish institutsional ishonchni oshirishga xizmat qiladi. Raqobat muhiti laboratoriyalar xizmatlari sifati va texnologik imkoniyatlarini yaxshilashga turtki beradi.

Xalqaro amaliyotda davlat organlari asosan regulyator funktsiyalarni bajaradi, texnik xizmatlar esa akkreditatsiyadan o'tgan xususiy tashkilotlar tomonidan amalga oshiriladi. O'zbekistonda ham shunga o'xshash modelni joriy etish milliy sifat infratuzilmasini modernizatsiya qilishga xizmat qiladi.

### *Xulosa*

O'zbekiston Respublikasida texnik jihatdan tartibga solish sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar milliy iqtisodiyotni modernizatsiya qilish, tashqi savdoni rivojlantirish va xalqaro iqtisodiy integratsiyani chuqurlashtirish nuqtai nazaridan strategik ahamiyatga ega. Milliy sifat infratuzilmasi tizimi — standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya, muvofiqlikni baholash va bozor nazorati kabi elementlarni o'z ichiga olgan murakkab institutsional mexanizm bo'lib, uning samarali faoliyati sanoat rivojlanishi, investitsiya muhiti va iste'molchilar xavfsizligi bilan bevosita bog'liq.

So'nggi yillarda amalga oshirilayotgan islohotlar ushbu tizimni xalqaro standartlar va ilg'or amaliyotlar asosida qayta tashkil etishga qaratilgan. Prezident farmonlari va hukumat qarorlari orqali texnik jihatdan tartibga solish tizimida institutsional transformatsiya amalga oshirildi. Xususan, akkreditatsiya organining mustaqilligini ta'minlash, sinov laboratoriyalari bozorini liberallashtirish, texnik reglamentlarni xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtirish va bozor nazoratini xavfga asoslangan modelga o'tkazish kabi chora-tadbirlar milliy sifat infratuzilmasini modernizatsiya qilishning muhim bosqichi hisoblanadi.

Islohotlarning muhim jihatlaridan biri — texnik jihatdan tartibga solish sohasida institutsional shaffoflik va ishonchni ta'minlashdir. Ilgari ayrim hollarda regulyator funktsiyalar, sertifikatlash va texnik sinov vazifalari bir tashkilot doirasida amalga oshirilgan bo'lsa, yangi model bu funktsiyalarni institutsional jihatdan ajratishga qaratilgan.

Bu esa manfaatlar to'qnashuvini kamaytiradi va regulyator qarorlarning xolisligini ta'minlaydi.

Shu bilan birga, bozor nazorati tizimini xavfga asoslangan modelga o'tkazish davlat nazoratini samarali tashkil etish imkonini beradi. Ushbu yondashuvga ko'ra, davlat organlari resurslari xavfi yuqori mahsulotlarga yo'naltiriladi, ishlab chiqaruvchilar esa mahsulotning texnik reglamentlarga muvofiqligi uchun asosiy javobgar hisoblanadi. Bu model **Yevropa Ittifoqi va OECD** davlatlarida samarali regulyator mexanizm sifatida keng qo'llaniladi.

Texnik reglamentlar va standartlarni xalqaro standartlar bilan uyg'unlashtirish islohotlarning yana bir muhim yo'nalishi hisoblanadi. Mazkur jarayon mamlakat sanoat tarmoqlarining xalqaro bozorlarga integratsiyasini ta'minlashga xizmat qiladi. Xususan, to'qimachilik, elektrotexnika, avtomobilsozlik va tibbiy mahsulotlar ishlab chiqarish sohalarida xalqaro standartlarga muvofiqlik eksport raqobatbardoshligining asosiy sharti hisoblanadi.

O'zbekistonning Jahon savdo tashkilotiga qo'shilish jarayoni ham texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlar bilan chambarchas bog'liq. WTOning Technical Barriers to Trade (**TBT**) kelishuvi talablariga muvofiq texnik reglamentlar shaffof va xalqaro standartlar asosida ishlab chiqilishi lozim. Shu nuqtai nazardan qaraganda, O'zbekistonda amalga oshirilayotgan islohotlar mamlakatning WTOga a'zo bo'lish jarayonini tezlashtirishga xizmat qiladi [19].

Shu bilan birga, milliy sifat infratuzilmasini modernizatsiya qilish iqtisodiy raqobatbardoshlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega. Xalqaro standartlarga muvofiq




mahsulot ishlab chiqarish xorijiy investitsiyalar jalb qilish, eksport geografiyasini kengaytirish va milliy sanoatning texnologik rivojlanishini ta'minlaydi.

Biroq islohotlarning muvaffaqiyati faqat normativ-huquqiy o'zgarishlarga bog'liq emas. Ularning samarali amalga oshirilishi uchun institutsional salohiyatni rivojlantirish, laboratoriya infratuzilmasini modernizatsiya qilish, mutaxassislar tayyorlash va xalqaro hamkorlikni kuchaytirish zarur. Shu nuqtai nazardan, xalqaro tashkilotlar va rivojlanish institutlari bilan hamkorlik muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, O'zbekistonda texnik jihatdan tartibga solish sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar milliy iqtisodiyotni modernizatsiya qilish va xalqaro savdo tizimiga integratsiyalashishning muhim institutsional asosini yaratmoqda. Agar ushbu islohotlar izchil amalga oshirilsa, ular mamlakat sanoati raqobatbardoshligini oshirish, iste'molchilar xavfsizligini ta'minlash va eksport imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi [20].

### *Tavsiyalar*

Texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlarni samarali amalga oshirish uchun bir qator strategik chora-tadbirlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq.

Avvalo, milliy sifat infratuzilmasi institutlarining institutsional salohiyatini oshirish muhim ahamiyatga ega. Buning uchun laboratoriyalar va metrologiya markazlarining texnik bazasini modernizatsiya qilish, zamonaviy o'lchash uskunalarini joriy etish va xalqaro standartlar asosida akkreditatsiya jarayonlarini takomillashtirish zarur.

Ikkinchidan, bozor nazorati tizimini bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvofiq. Xususan, xavfga asoslangan nazorat modelini avval ayrim mahsulot toifalarida sinov tariqasida joriy etish va keyinchalik butun bozorga tatbiq etish mumkin. Masalan, elektr maishiy texnikasi, bolalar o'yinchoqlari va qurilish materiallari kabi xavfi yuqori mahsulotlardan boshlash maqsadga muvofiq.

Uchinchidan, texnik jihatdan tartibga solish sohasida raqamli texnologiyalarni joriy etish zarur. Milliy muvofiqlik deklaratsiyalari bazasi, raqamli sertifikatlash tizimi va elektron bozor nazorati platformasi regulyator jarayonlarning shaffofligini oshiradi va ma'muriy xarajatlarni kamaytiradi.

To'rtinchidan, xalqaro hamkorlikni kuchaytirish muhim ahamiyatga ega. O'zbekiston **ISO, IEC, SMIC, ILAC, IAF** va OIML kabi xalqaro tashkilotlar bilan hamkorlikni kengaytirish orqali milliy akkreditatsiya tizimining xalqaro tan olinishini ta'minlashi mumkin.

Beshinchidan, kichik va o'rta biznes sub'ektlarini qo'llab-quvvatlash muhimdir. Xalqaro standartlarga moslashish jarayoni ayrim korxonalar uchun moliyaviy yuklama bo'lishi mumkin. Shu sababli, davlat tomonidan grantlar, subsidiyalar va laboratoriya xizmatlari uchun imtiyozlar taqdim etish maqsadga muvofiq.

### *Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati*

1. Blind K. The Economics of Standards: Theory, Evidence, Policy. – Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2017.

2. World Trade Organization. Technical Barriers to Trade Agreement. – Geneva: WTO, 2019.

3. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. Texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlarni jadallashtirish to'g'risidagi farmon. – 2026 yil 16 fevral.

4. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti matbuot xizmati. Texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlar muhokama qilindi. – 2026.

5. European Commission. Market Surveillance Regulation (EU) 2019/1020. – Brussels, 2019.

6. International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Mutual Recognition Arrangement Guidelines. – Sydney, 2023.

7. O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi. 2025 yil tashqi savdo ko'rsatkichlari. – Toshkent, 2026.

8. Blind K. The Economics of Standards: Theory, Evidence, Policy. – Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2017.

9. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. Texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlarni jadallashtirish to'g'risidagi farmon. – Toshkent, 2026.

10. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. Texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlarni jadallashtirish to'g'risidagi farmon. – Toshkent, 2026.

11. https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/goods/building-blocks/conformity-assessment_en

12. WTO. Agreement on Technical Barriers to Trade. – Geneva: World Trade Organization, 2019.

13. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Mahsulot muvofiqlik deklaratsiyalarini ro'yxatdan o'tkazish tartibi to'g'risidagi qaror № 831. – Toshkent, 2025.

14. OECD. Regulatory Policy Outlook. – Paris: OECD Publishing, 2021.

15. ISO. International Standards and Global Trade. – Geneva: ISO, 2020.

16. ILAC. Mutual Recognition Arrangement (MRA) Guidelines. – Sydney, 2023.

17. WTO. Uzbekistan WTO Accession Working Party Report. – Geneva, 2025.

18. Davlat statistika qo'mitasi. O'zbekiston tashqi savdo statistikasi. – Toshkent, 2026.

19. WTO. Agreement on Technical Barriers to Trade. – Geneva: World Trade Organization, 2019

20. European Council. EU–Uzbekistan Enhanced Partnership and Cooperation Agreement. – Brussels, 2025.



# TO‘QIMACHILIK KORXONALARIDA SIFAT MENEJMENTI TIZIMINI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISHNING NAZARIY VA AMALIY JIHATLARI

***Vasiyev Xayrullo Ulugbekovich,*** Andijon davlat texnika instituti “Metrologiya va yengil sanoat” kafedrasi katta o‘qituvchisi t.f.f.d,. (PhD), E-mail. vasiyevphd@astiedu.uz.
https://orcid.org/0000-0001-6329-0082

***Ismailov Utkurbek Maxmudovich***, “O‘zMMI” DM Andijon filiali bo`lim boshlig‘i, Buxoro davlat texnika universiteti 1-kurs magistri. E-mail: uismoilov678@gmail.com.

**Annotatsiya.** *Ushbu maqolada to‘qimachilik korxonalarida sifat menejmenti tizimini (SMT) axborot texnologiyalariga asoslangan holda takomillashtirish masalalari yoritilgan. Maqolada SMTni joriy etishga tayyorgarlik bosqichlari, biznes jarayonlar va tashkiliy-iqtisodiy xususiyatlarni chuqur tahlil qilish asoslab berilgan. Shuningdek, SMTni axborot bilan ta’minlashda elektron texnik hujjatlar, ma’lumotlar bazasi, interfeyslar va me’yoriy-huquqiy hujjatlarning uyg‘unligi masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijasida SMTni joriy etishning bosqichma-bosqich sxemasi va axborot modeli ishlab chiqilib, uning ishlab chiqarish samaradorligi, mahsulot sifati va boshqaruv tezkorligini oshirishdagi ahamiyati yoritilgan. Shu bilan birga, SMTni joriy etishning tashkiliy-iqtisodiy afzalliklari, jumladan, xarajatlarni kamaytirish, raqobatbardoshlikni kuchaytirish va xalqaro standartlarga (ISO 9001 va boshqalar) moslashish imkoniyatlari asoslab berilgan.*

**Kalit so‘zlar:** *sifat menejmenti tizimi (SMT), ma’lumotlar bazasi, elektron texnik hujjatlar (ETH), biznes jarayonlari, tashkiliy-iqtisodiy tahlil, boshqaruv samaradorligi, mahsulot sifati, raqobatbardoshlik, xalqaro standartlar, ISO 9001, innovatsion boshqaruv, PDM tizimi, CAD/CAM/CAE tizimlari, hujjatlar aylanishi, texnik reglament, texnologik jarayonlar, axborot oqimlari, strategik rivojlanish, standartlashtirish, sertifikatlash, elektron boshqaruv, texnik hujjatlar arxivi, interfeyslar, axborot xavfsizligi, ishlab chiqarishni raqamlashtirish, raqamli transformatsiya, menejment tamoyillari, samaradorlik ko‘rsatkichlari.*

**Аннотация.** *В данной статье освещаются вопросы совершенствования системы менеджмента качества (СМК) на текстильных предприятиях на основе информационных технологий. В статье обоснованы этапы подготовки к внедрению СМК, а также необходимость глубокого анализа бизнес-процессов и организационно-экономических особенностей. Кроме того, рассмотрены вопросы согласования электронных технических документов, баз данных, интерфейсов и нормативно-правовых документов в процессе информационного обеспечения СМК.*

*В результате исследования разработаны поэтапная схема внедрения СМК и информационная модель, а также раскрыто их значение для повышения эффективности производства, качества продукции и оперативности управления. Наряду с этим обоснованы организационно-экономические преимущества внедрения СМК, включая снижение затрат, усиление конкурентоспособности и возможности адаптации к международным стандартам (ISO 9001 и др.).*

**Ключевые слова:** *система менеджмента качества (СМК), база данных, электронные технические документы (ЭТД), бизнес-процессы, организационно-экономический анализ, эффективность управления, качество продукции, конкурентоспособность, международные стандарты, ISO 9001, инновационное управление, система PDM, системы CAD/CAM/CAE, документооборот, технический регламент, технологические процессы, информационные потоки, стратегическое развитие, стандартизация, сертификация, электронное управление, архив технической документации, интерфейсы, информационная безопасность, цифровизация производства, цифровая трансформация, принципы менеджмента, показатели эффективности.*

**Abstract.** *This article addresses the issues of improving the quality management system (QMS) at textile enterprises on the basis of information technologies. The paper substantiates the stages of preparation for QMS implementation, as well as the need for an in-depth analysis of business processes and organizational-economic features. In addition, the issues of harmonizing electronic technical documents, databases, interfaces, and regulatory documents in the information support of the QMS are considered.*

*As a result of the study, a step-by-step scheme for QMS implementation and an information model were developed, and their significance in increasing production efficiency, product quality, and management responsiveness was demonstrated. At the same time, the organizational and economic advantages of implementing a QMS are substantiated, including cost reduction, enhanced competitiveness, and opportunities for adaptation to international standards (ISO 9001 and others).*

**Keywords:** *quality management system (QMS), database, electronic technical documents (ETD), business processes, organizational and economic analysis, management efficiency, product quality, competitiveness, international standards, ISO 9001, innovative management, PDM system, CAD/CAM/CAE systems, document management (workflow), technical regulation, technological processes, information flows, strategic development, standardization, certification, e-government, technical documentation archive, interfaces, information security, production digitalization, digital transformation, management principles, performance indicators.*

## *Kirish*

Hozirgi davrda jahon bozorida raqobatbardoshlikni ta'minlashning muhim omillaridan biri mahsulot sifatini muntazam ravishda oshirib borish hamda ishlab chiqarish jarayonlarini samarali boshqarish hisoblanadi [1]. Shu jihatdan qaraganda, sifat menejmenti tizimini (SMT) to'qimachilik korxonalarida joriy etish masalasi xalqaro miqyosda keng tadqiq etilmoqda. Xususan, ISO 9001 standarti asosida sifat menejmentini yo'lga qo'yish orqali to'qimachilik korxonalari ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va jahon bozorida barqaror mavqega ega bo'lish imkoniyatiga ega bo'lmoqda [2].

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, zamonaviy korxonalarda SMTni samarali joriy etish bir qator muhim shartlarga asoslanadi. Jumladan, Oakland [3] o'z tadqiqotlarida sifat menejmentining muvaffaqiyatli amalga oshirilishida tashkiliy muhit, menejerlar kompetensiyasi hamda axborot texnologiyalarining o'rni alohida ahamiyat kasb etishini ta'kidlaydi. Evans va Lindsay [4] esa SMT samaradorligini oshirishda biznes jarayonlarni avtomatlashtirish, elektron hujjatlar aylanishi va ma'lumotlar bazasi bilan ishlash muhim ekanligini qayd etadi.

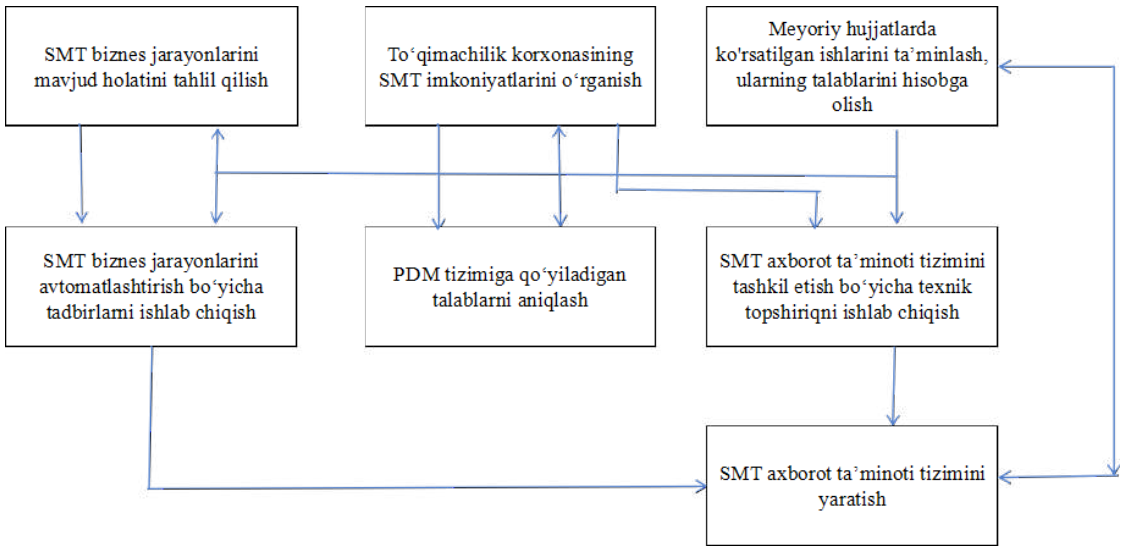
Shuningdek, Yusupov va boshqalar [5] O'zbekiston sanoat korxonalarida SMTni joriy etish jarayonida me'yoriy-huquqiy hujjatlar bilan uyg'unlikni ta'minlash, xalqaro standartlarni milliy sharoitga moslashtirish hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirish mexanizmlarini yoritib bergan. Vasiyev [6] esa to'qimachilik korxonalarida SMTni axborot bilan ta'minlashni takomillashtirish, PDM tizimlari va raqamli transformatsiyani joriy etish ishlab chiqarish sifati oshishiga muhim ta'sir ko'rsatishini asoslab bergan.

Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, to'qimachilik korxonalarida SMTni joriy etish masalasi xalqaro miqyosda keng o'rganilgan bo'lsa-da, uning O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan, axborot texnologiyalariga asoslangan amaliy mexanizmlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy va amaliy vazifa bo'lib qolmoqda. Shu sababli ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – to'qimachilik korxonalarida sifat menejmenti tizimini axborot texnologiyalari orqali takomillashtirish jarayonlarini o'rganish, samarali axborot modellari ishlab chiqish va ularning tashkiliy-iqtisodiy afzalliklarini asoslab berishdan iboratdir.

## *Usullar*

To'qimachilik korxonalarida olib borilgan ilmiy tadqiqotlarimiz natijasida SMTni axborot bilan ta'minlashni takomillashtirish maqsadida kompyuter texnologiyalarini joriy etishdan oldingi tayyorgarlik bosqichlariga oid axborot sxemasi ishlab chiqildi.

Mazkur sxemaga ko'ra, to'qimachilik korxonalarida sifat menejmenti tizimiga asoslangan axborot texnologiyalarini joriy etishga tayyorgarlik ko'rish jarayonida (1-rasmda keltirilganidek) bir qator zarur ishlar amalga oshirilishi lozim.




*1-rasm.* To'qimachilik korxonalarida sifat menejmenti tizimiga asoslangan axborot texnologiyalarini joriy etish bo'yicha ishlarni tashkil etish sxemasi

Ta'qdim etilgan sxema asosida to'qimachilik korxonalarida amalga oshirilayotgan biznes jarayonlari hamda ularning tashkiliy-iqtisodiy xususiyatlarini chuqur tahlil qilish, SMTni samarali joriy etishning asosiy shartlaridan biri hisoblanadi. Bunday tahlil jarayonida ishlab chiqarish va boshqaruv faoliyatini axborot bilan ta'minlash texnologiyalariga qo'yiladigan talablar aniqlanadi hamda ularning milliy va xalqaro darajadagi me'yoriy-huquqiy hamda texnik hujjatlar bilan uyg'unlashuv darajasi baholanadi.

Bunda, avvalo, ma'lumotlar bazasining tuzilishi, elektron texnik hujjatlar (ETX) mazmuni va ularni rasmiylashtirish tartiblari, shuningdek, SMTni axborot bilan ta'minlash vositalarida qabul qilingan ma'lumotlarni taqdim etish turlari va shakllariga alohida e'tibor qaratilishi lozim. Shu bilan birga, mazkur vositalar o'rtasidagi o'zaro aloqadorlikni ta'minlaydigan interfeyslarni tartibga soluvchi me'yoriy-huquqiy va texnik hujjatlar majmuasi ham tahlil qilinishi zarur. Bu esa axborot texnologiyalariga asoslangan sifat menejmentini joriy etish bosqichlarini sifatli ishlab chiqishga mustahkam zamin yaratadi (1-jadval).

*1-jadval*

**To'qimachilik korxonalarida SMTni joriy etish bosqichlari**

| Bosqich | Amalga oshiriladigan ishlar | Kutilayotgan natija |
|---|---|---|
| 1-bosqich | Mavjud biznes jarayonlarini chuqur tahlil qilish | Muammoli nuqtalarni aniqlash osonlashadi |
| 2-bosqich | Me'yoriy-huquqiy va texnik hujjatlarni o'rganish | Standartlarga muvofiqlikni ta'minlash mumkin bo'ladi |
| 3-bosqich | Axborot bazasini yaratish | Ma'lumotlarning tezkorligi va ishonchliligi oshadi |
| 4-bosqich | SMTni axborot texnologiyalari orqali boshqarish | Samaradorlik va sifat ko'rsatkichlarining oshishi kuzatiladi |

Agar amaldagi hujjatlar tarkibida zarur me'yoriy yoki texnik hujjatlar mavjud bo'lmasa, ularning loyiha tahrirlaridan, shuningdek, xalqaro va xorijiy analoglaridan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bunday hollarda tegishli hujjatlarni o'zbek tiliga tarjima qilish hamda milliy qonunchilik va amaliy jarayonlarga moslashtirish tavsiya etiladi. Bu esa korxonada SMTni axborot bilan ta'minlash jarayonlarining to'liqligini, samaradorligini va xalqaro standartlarga muvofiqligini ta'minlaydi.

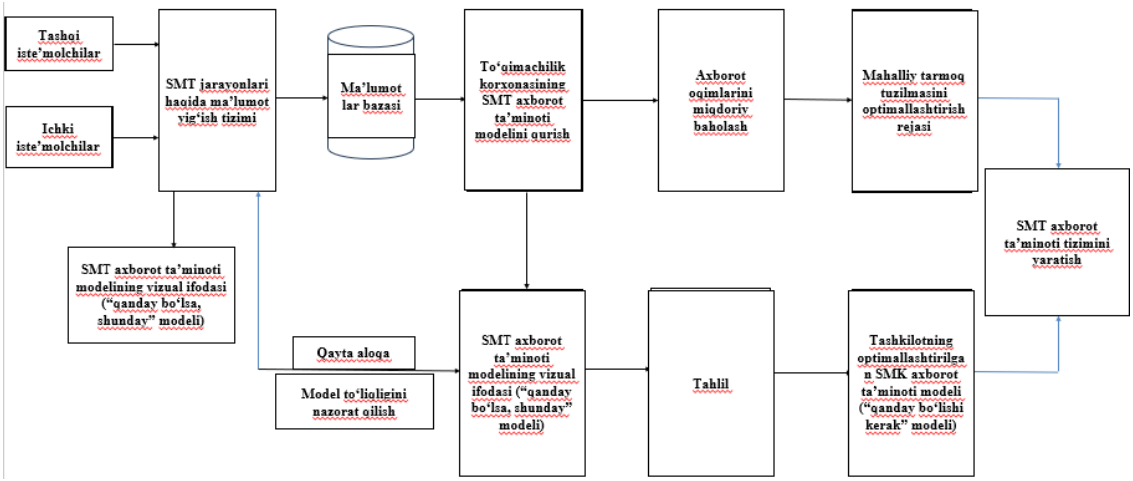
To'qimachilik korxonasining imkoniyatlarini o'rganish "qanday bo'lsa, shunday" modeli hamda mavjud biznes jarayonlari va boshqa tegishli ma'lumotlar asosida amalga oshiriladi [7]. Bunday yondashuv SMTni samarali joriy etish, uning axborot bilan ta'minlash mexanizmlarini takomillashtirish hamda raqobatbardosh ishlab chiqarish muhitini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Yuqoridagi jihatlar asosida SMT axborot bilan ta'minlashdagi roli nuqtai nazaridan PDM (Product Data Management) tizimiga qo'yiladigan talablar shakllantirilishi lozim. Bunda PDM tizimi o'zaro integratsiyada faoliyat yuritishi lozim bo'lgan dasturiy vositalar, amalga oshirilishi zarur bo'lgan ma'lumotlarni saralash (klassifikatsiya) va qayta ishlash turlari, aniq funksiyalarni bajarish uchun talab qilinadigan texnik vositalar va ularning asosiy xususiyatlari aniq belgilab qo'yilishi zarur.

Ushbu tadbirlar natijasi sifatida SMT axborot bilan ta'minlash tizimini tashkil etish bo'yicha texnik topshiriq ishlab chiqilishi, shuningdek, ilg'or axborot texnologiyalaridan foydalangan holda SMT axborot bilan ta'minlash modeli ("qanday bo'lishi kerak" modeli) yaratilishi lozim.

To'qimachilik korxonasining SMT axborot bilan ta'minlashini takomillashtirish jarayonida korxona faoliyatiga oid ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlashning axborot modeli ishlab chiqilishi taklif etiladi. Bunday modelni yaratish zarurati shundan iboratki, SMT axborot ta'minotini zamonaviy kompyuter texnologiyalari asosida takomillashtirishdagi asosiy muammo — bu mavjud holatni adekvat ravishda tasvirlay oladigan axborot modelini aniq ishlab chiqish va keyinchalik uni talab etiladigan "qanday bo'lishi kerak" modeli bilan uyg'unlashtirishdan iboratdir.

Bunday sharoitda 2-rasmda keltirilgan ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlash modelini taklif etish mumkin. Ushbu modelning amaliy natijasi sifatida kompyuter texnologiyalari asosida to'qimachilik korxonasining SMTni axborot bilan ta'minlash tizimini yaratish imkoniyati yuzaga keladi.




*2-rasm.* To'qimachilik korxonasining SMTni axborot bilan ta'minlashni takomillashtirish jarayonida korxona haqida ma'lumotlarni yig'ish va qayta ishlash modeli.

To'qimachilik korxonasining SMT axborot bilan ta'minlash modelini ("qanday bo'lsa, shunday" modeli) ishlab chiqish va shakllantirish jarayonida samaradorlikni oshirish hamda xarajatlarni kamaytirish nuqtai nazaridan eng maqbul yondashuvlardan biri – qat'iy cheklangan sondagi xodimlarni jalb etish hisoblanadi. Bunda, har bir manfaatdor bo'limdan bittadan yoki ikkita xodimni jalb qilish maqsadga muvofiqdir [8]. Ushbu xodimlar yagona jamoa tarkibida birlashtirilib, "ishchi guruh" sifatida faoliyat yuritadi. Bu esa SMTни joriy etishning tashkiliy-iqtisodiy afzalliklariga keng imkoniyat beradi (2-jadval).

*2-jadval*

**SMTni joriy etishning tashkiliy-iqtisodiy afzalliklari**

| Yo'nalish | Afzalliklar | Izoh |
|---|---|---|
| Ishlab chiqarish | Mahsulot sifatining oshishi | Texnologik jarayonlar ustidan nazorat kuchayadi |
| Boshqaruv | Qaror qabul qilish tezlashadi | Ma'lumotlar bazasi asosida operativ boshqaruv |
| Moliyaviy | Xarajatlarning kamayishi | Resurslardan oqilona foydalanish |
| Marketing | Raqobatbardoshlikning ortishi | ISO 9001 va boshqa xalqaro standartlarga muvofiqlik |

Mazkur hamkorlik shakli zamonaviy menejmentning ilg'or tamoyillariga to'liq mos keladi. Xususan, to'qimachilik korxonasining tejamkor va samarali boshqaruv tizimini shakllantirishda keng qo'llanilayotgan tekis tashkiliy tuzilmalarning yaratilishini ta'minlaydi. Bunday yondashuv natijasida turli bo'limlardan alohida mutaxassislar bevosita loyiha doirasida birgalikda faoliyat olib boradi [9]. Bu esa, bo'limlararo hamkorlikni mustahkamlash, resurslardan oqilona foydalanish va SMTni axborot bilan ta'minlash jarayonlarining yuqori samaradorlikka erishishiga xizmat qiladi.

## *Natijalar*

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida to'qimachilik korxonalarida SMTni axborot texnologiyalariga asoslangan holda joriy etishning samaradorligi tajriba asosida baholandi. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan axborot modeli asosida ishlab chiqarish, boshqaruv va nazorat jarayonlarida kuzatilgan o'zgarishlar quyidagi natijalarni berdi.

Birinchidan, SMTni joriy etishdan oldingi holat bilan solishtirganda, mahsulot sifati, boshqaruv tezkorligi va resurslardan foydalanish samaradorligi bo'yicha sezilarli yaxshilanishlar kuzatildi. Shuningdek, elektron hujjatlar aylanishining yo'lga qo'yilishi ma'lumotlar oqimini tezlashtirdi va inson omiliga bog'liq xatoliklarni kamaytirdi.

Ikkinchidan, ishlab chiqilgan axborot modeli asosida PDM, CAD/CAM/CAE tizimlari o'rtasida axborot almashuvi integratsiyalashgan holda tashkil etildi. Bu esa texnik hujjatlar, ishlab chiqarish rejalari va sifat nazorati ma'lumotlarining yagona bazada jamlanishini ta'minladi. Natijalar quyidagi 3-jadvalda keltirilgan

*3-jadval*

**To'qimachilik korxonalarida SMTni joriy etish natijalari**

| № | Ko'rsatkich nomi | Joriy etishdan oldin | Joriy etilgandan so'ng | O'zgarish (%) | Izoh |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mahsulot sifat ko'rsatkichlari | 78% | 93% | +19% | Nazorat tizimi avtomatlashtirildi |
| 2 | Boshqaruv qarorlarini qabul qilish vaqti | 100% (asosiy) | 70% | –30% | Ma'lumotlar bazasi orqali tezkor boshqaruv |
| 3 | Resurslardan foydalanish samaradorligi | 85% | 96% | +13% | Nuqsonlar kamaydi |
| 4 | Elektron hujjatlar aylanish darajasi | 40% | 90% | +50% | PDM tizimi joriy etildi |
| 5 | Ishlab chiqarish tannarxi | 100% | 90% | –10% | Xarajatlar qisqardi |
| 6 | ISO 9001 talablariga moslik darajasi | 75% | 98% | +23% | Xalqaro standartlarga to'liq integratsiya |

## *Muhokama*

Olib borilgan tadqiqotlar natijalarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, to'qimachilik korxonalarida sifat menejmenti tizimini (SMT) axborot texnologiyalariga asoslangan holda joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning eng muhim omillaridan biridir. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan axborot modeli ishlab chiqarish, boshqaruv va nazorat jarayonlarining o'zaro integratsiyasini ta'minlab, korxona faoliyatida yangi sifat bosqichiga o'tishni kafolatlaydi.

Birinchidan, natijalar Oakland [3], Evans va Lindsay [4] hamda Yusupov va boshqalar [5] tomonidan olib borilgan ilmiy ishlar bilan mos keladi. Xususan, Oakland sifat menejmentining muvaffaqiyati ko'p jihatdan tashkilot ichidagi madaniy muhit va axborot tizimlarining samaradorligiga bog'liqligini ta'kidlaydi. Ushbu tadqiqotda esa aynan shu omil – axborot texnologiyalarining sifat boshqaruviga ta'siri amaliy jihatdan isbotlandi.

Ikkinchidan, SMTni joriy etish natijasida ishlab chiqarishdagi byurokratik to'siqlar qisqarib, elektron hujjatlar aylanishi yo'lga qo'yildi. Bu jarayon Evans va Lindsayning fikriga ko'ra, boshqaruv qarorlarini qabul qilishda avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanish samaradorligini tasdiqlaydi. Amaliy tajriba shuni ko'rsatdiki, elektron ma'lumotlar bazasi orqali qaror qabul qilish tezligi 30% gacha oshgan.

Uchinchidan, PDM, CAD/CAM/CAE tizimlarining yagona axborot maydonida ishlashi natijasida korxona faoliyatida muhim sinergetik ta'sir kuzatildi. Texnik hujjatlar, ishlab chiqarish rejalari va sifat nazorati bo'yicha ma'lumotlarning yagona bazada jamlanishi axborotning ishonchliligini oshirdi. Bu esa sifat menejmenti tizimi samaradorligini oshiruvchi muhim infratuzilmaviy omil sifatida e'tirof etildi.

To'rtinchidan, olingan natijalar xalqaro tajribalarga uyg'un bo'lib, ISO 9001:2015 standarti talablariga to'liq mos keladi. Bunda sifatni doimiy monitoring qilish, ma'lumotlarni real vaqt rejimida yangilab borish hamda jarayonlararo uyg'unlikni ta'minlash muhim mezon sifatida qaraldi.

Shuningdek, tadqiqot jarayonida SMTni joriy etishning tashkiliy-iqtisodiy afzalliklari aniqlandi. Bu afzalliklar – ishlab chiqarish tannarxining kamayishi, mahsulot sifatining oshishi va korxona raqobatbardoshligining kuchayishidir [10]. Shu bilan birga, korxonaning raqamli boshqaruv tizimiga o'tishi natijasida axborot xavfsizligi, tezkor tahlil va strategik qarorlar qabul qilish imkoniyatlari ham kengaydi.

Shu asosda aytish mumkinki, axborot texnologiyalariga asoslangan SMT modeli to'qimachilik korxonalarining raqamli transformatsiyasi jarayonida markaziy rol o'ynaydi. U nafaqat sifatni boshqarish samaradorligini oshiradi, balki innovatsion boshqaruv tizimlarini shakllantirish, xalqaro standartlarga moslashish va eksport salohiyatini kengaytirishda ham muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

### *Foydalanilgan adabiyotlar*


1. ISO 9001:2015. Quality Management Systems – Requirements. International Organization for Standardization, Geneva, 2015.

2. *Hoyle, D.* ISO 9000 Quality Systems Handbook. Routledge, 2017.

3. *Oakland, J.S.* Total Quality Management and Operational Excellence. Routledge, 2014.

4. *Evans, J. R., Lindsay, W. M.* Managing for Quality and Performance Excellence. Cengage Learning, 2017.

5. *Vasiyev X.U.* To'qimachilik korxonalarida mahsulot sifatini boshqarish tizimini standartlashtirish talablari asosida takomillashtirish // Andijon: Andijon davlat texnika instituti // Monografiya. 2025. – 92-94 b. ISBN : 978-9910-08-696-0

6. *Vasiyev X.U.* To'qimachilik korxonalarida sifat darajasini shakllantirishda cals texnologiyalari asosidagi axborot ta'minotining o'rni // Andijon: Andijon mashinasozlik instituti Mashinasozlik ilmiy texnika jurnali – 2025 Maxsus son. 90-96

7. *Juran, J.M.* "Juran on Quality by Design." The Free Press, 1992.

8. *Liker, J.K.* "The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer." McGraw-Hill, 2004.

9. *Hammer, M., Champy, J.* "Reengineering the Corporation." HarperBusiness, 2001.

10. *Khanna, V.K.* Total Quality Management. New Age International Publishers, 2015.




O'ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI
UzNIM

# СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ УСЛУГАМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ТРАНСФОРМАЦИИ ИХ КЛЮЧЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

***Саидорипов Лазизбек Фуркатжанович***, Директор Узбекского Национального института метрологии, соискатель степени PhD

***Машарипов Шодлик Машарипович***, PhD, доцент Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова

***Нажмутдинов Камалиддин Равшанович***, начальник отдела измерений физико-химических, оптико-физических и температурных величин Государственного учреждения «Узбекский национальный институт метрологии» (УзНИМ)

**Аннотация.** *В статье рассматриваются современные вызовы в сфере метрологических услуг, обусловленные развитием науки и технологий, а также повышением требований к достоверности результатов измерений. Показано, что традиционная модель предоставления метрологических услуг, основанная преимущественно на проведении процедур поверки и калибровки средств измерений, требует научного переосмысления и дальнейшего совершенствования. Отмечается тенденция расширения применения процедур калибровки и верификации измерительных приборов, а также постепенного перехода к использованию цифровых сертификатов калибровки. Показано, что применение технологий искусственного интеллекта при оказании метрологических услуг открывает новые возможности для автоматизации обработки измерительных данных, повышения эффективности анализа результатов калибровки и оптимизации процессов метрологического обеспечения. Проанализированы основные факторы, влияющие на развитие метрологических услуг, включая повышение требований к метрологической прослеживаемости результатов измерений, обеспечение достоверности решений о соответствии и расширение применения методов оценки неопределенности измерений. В условиях глобализации метрологических услуг обоснована необходимость разработки адаптивных математических моделей, обеспечивающих сопоставимость результатов измерений и предотвращающих возникновение метрологических барьеров при международном обмене измерительной информацией и результатами калибровки. Определены ключевые элементы системы метрологических услуг и показана необходимость их трансформации в соответствии с современными научно-технологическими условиями. Предложены научные подходы, направленные на совершенствование методологических и организационных основ метрологических услуг, включая развитие методов оценки неопределенности измерений, применение риск-ориентированных подходов при принятии решений о соответствии и внедрение цифровых технологий. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании системы метрологического обеспечения измерений и повышении эффективности метрологических услуг.*

**Ключевые слова:** *метрологические услуги; цифровизация метрологии; метрологическая прослеживаемость; оценка неопределённости измерений; искусственный интеллект; машинное обучение; цифровые сертификаты калибровки (DCC); риск-ориентированные методы; принятие решений о соответствии; цифровая инфраструктура качества; метрологическое обеспечение; верификация средств измерений.*

**Annotatsiya.** Maqolada fan va texnologiyalarning rivojlanishi hamda o'lchash natijalarining ishonchliligiga qo'yilayotgan talablarning ortishi bilan bog'liq holda metrologik xizmatlar sohasidagi zamonaviy muammolar ko'rib chiqiladi. An'anaviy metrologik xizmatlar modeli, asosan o'lchash vositalarini tekshirish va kalibrlash jarayonlariga asoslangan bo'lib, ilmiy jihatdan qayta ko'rib chiqishni va yanada takomillashtirishni talab qilishi ko'rsatib o'tilgan. O'lchash asboblarini kalibrlash va verifikatsiya qilish jarayonlarining qo'llanish doirasi kengayib borayotgani, shuningdek, kalibrlashning raqamli sertifikatlaridan foydalanishga bosqichma-bosqich o'tilayotgani ta'kidlangan. Metrologik xizmatlar ko'rsatishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish o'lchash ma'lumotlarini qayta ishlashni avtomatlashtirish, kalibrlash natijalarini tahlil qilish samaradorligini oshirish va metrologik ta'minot jarayonlarini optimallashtirish uchun yangi imkoniyatlar yaratishi ko'rsatib berilgan. Metrologik xizmatlar rivojiga ta'sir etuvchi asosiy omillar, jumladan, o'lchash natijalarining metrologik izchilligiga qo'yilayotgan talablarning ortishi, muvofiqlik to'g'risida qarorlar qabul qilishning ishonchliligini ta'minlash hamda o'lchash noaniqligini baholash usullarining keng qo'llanilishi tahlil qilingan. Metrologik xizmatlarning globallashuvi sharoitida o'lchash natijalarining taqqoslanuvchanligini ta'minlaydigan va o'lchash ma'lumotlari hamda kalibrlash natijalarining xalqaro almashinuvida metrologik to'siqlarning yuzaga kelishini oldini oladigan moslashuvchan matematik modellarni ishlab chiqish zarurligi asoslab berilgan. Metrologik xizmatlar tizimining asosiy elementlari aniqlanib, ularni zamonaviy ilmiy-texnologik sharoitlarga mos ravishda transformatsiya qilish zarurligi ko'rsatib o'tilgan. Metrologik xizmatlarning metodologik va tashkiliy asoslarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy yondashuvlar taklif etilgan bo'lib, ular qatoriga o'lchash noaniqligini baholash usullarini rivojlantirish, muvofiqlik to'g'risida qarorlar qabul qilishda riskga yo'naltirilgan yondashuvlarni qo'llash hamda raqamli texnologiyalarni joriy etish kiradi. Olingan natijalar o'lchashlarning metrologik ta'minoti tizimini takomillashtirish va metrologik xizmatlar samaradorligini oshirishda qo'llanilishi mumkin.

**Kalit so'zlar:** *metrologik xizmatlar; metrologiyani raqamlashtirish; metrologik kuzatuvchanlik; o'lchovlar noaniqligini baholash; sun'iy intellekt; mashinaviy o'qitish; raqamli kalibrlash sertifikatlari (DCC); xavfga yo'naltirilgan usullar; muvofiqlik to'g'risida qaror qabul qilish; raqamli sifat infratuzilmasi; metrologik ta'minot; o'lchash vositalarini verifikatsiya qilish.*

**Abstract.** *The article examines contemporary challenges in the field of metrological services arising from the development of science and technology, as well as the increasing requirements for the reliability of measurement results. It is shown that the traditional model of metrological service provision, primarily based on the verification and calibration of measuring instruments, requires scientific reconsideration and further improvement. The paper highlights a growing trend toward the expanded use of calibration and verification procedures for measuring instruments, as well as a gradual transition to digital calibration certificates. It is demonstrated that the application of artificial intelligence technologies in metrological services opens new opportunities for automating the processing of measurement data, improving the efficiency of calibration result analysis, and optimizing metrological support processes. The main factors influencing the development of metrological services are analyzed, including increased requirements for the metrological traceability of measurement results, ensuring the reliability of conformity assessment decisions, and the expanded use of methods for evaluating measurement uncertainty. In the context of the globalization of metrological services, the necessity of developing adaptive mathematical models that ensure comparability of measurement results and prevent the emergence of metrological barriers in the international exchange of measurement information and calibration results is substantiated. Key elements of the metrological service system are identified, and the need for their transformation in accordance with modern scientific and technological conditions is demonstrated. Scientific approaches aimed at improving the methodological and organizational foundations of metrological services are proposed, including the development of methods for evaluating measurement uncertainty, the application of risk-based approaches in conformity assessment decision-making, and the implementation of digital technologies. The obtained results can be used to improve the system of metrological support of measurements and to enhance the efficiency of metrological services.*

**Keywords:** *metrological services; digitalization of metrology; metrological traceability; evaluation of measurement uncertainty; artificial intelligence; machine learning; digital calibration certificates (DCC); risk-based methods; conformity decision-making; digital quality infrastructure; metrological support; verification of measuring instruments.*

## *Введение*

Современное развитие науки, техники и цифровых технологий оказывает существенное влияние на все сферы деятельности, включая метрологическое обеспечение измерений. В условиях цифровизации экономики, развития промышленности 4.0, интернета вещей и искусственного интеллекта существенно возрастают требования к точности, достоверности и прослеживаемости результатов измерений. Это, в свою очередь, предъявляет новые требования к системе метрологических услуг, традиционно ориентированной на проведение поверки и калибровки средств измерений.

Метрологические услуги играют ключевую роль в обеспечении единства измерений, являясь основой для принятия технических, экономических и управленческих решений. Однако существующая модель их предоставления во многом сформирована в условиях предыдущих технологических укладов и требует адаптации к современным реалиям.

Целью настоящего исследования является анализ современных вызовов, стоящих перед метрологическими услугами, а также разработка научных подходов к трансформации их ключевых элементов с учетом современных технологических и организационных тенденций.

На рисунке 1 представлена типовая структура многослойной искусственной нейронной сети, включающая входной слой, один или несколько скрытых слоёв и выходной слой. Входной слой принимает исходные метрологические данные, такие как результаты измерений, параметры средств измерений и условия их экс-

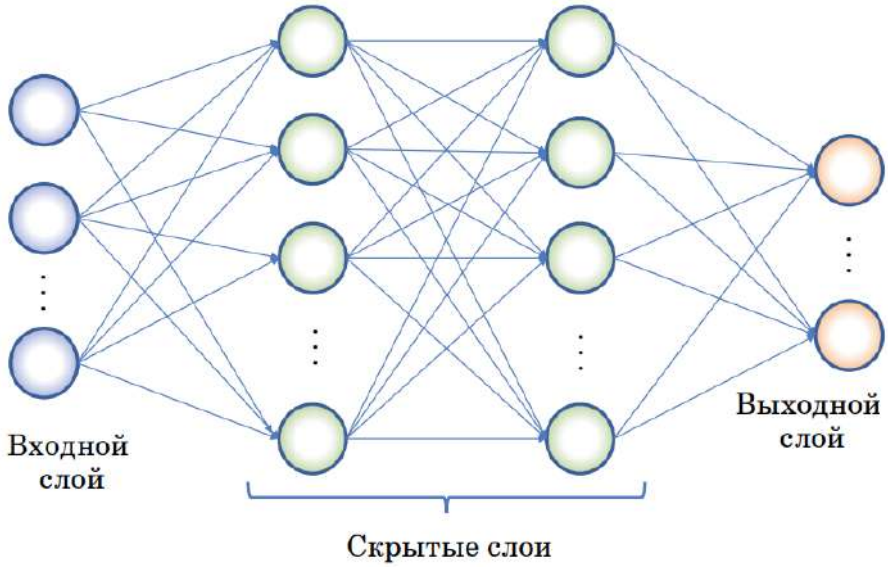



*Рисунок 1.* Обобщённая архитектура искусственной нейронной сети для обработки метрологических данных

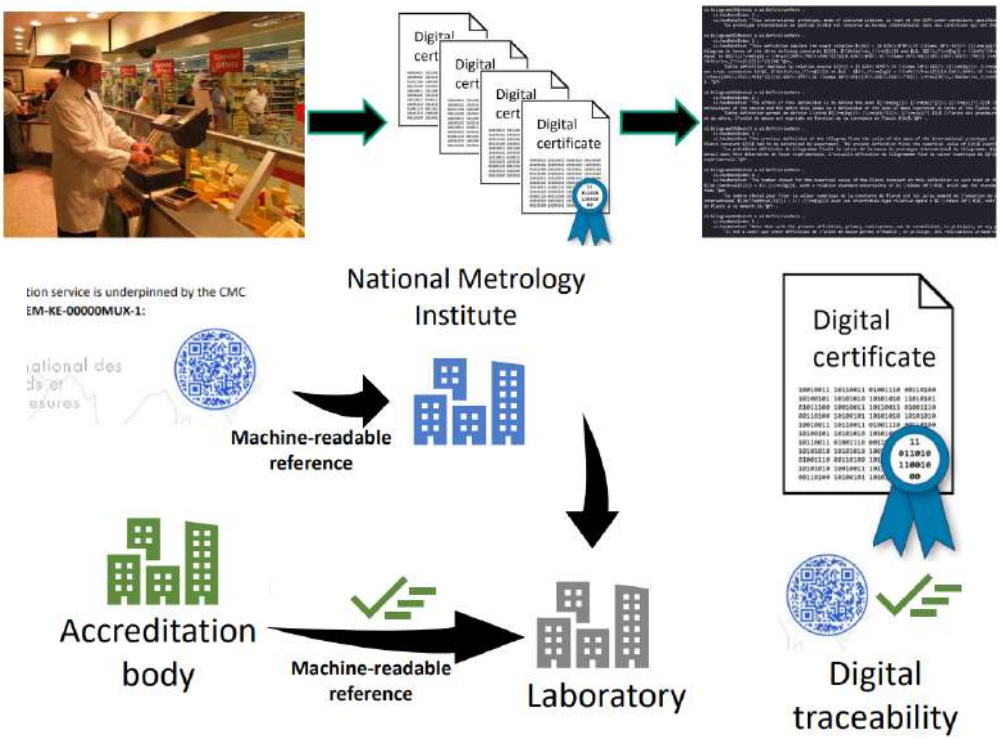



*Рисунок 2.* Цифровизация всей инфраструктуры качества

плуатации. Скрытые слои выполняют нелинейную обработку информации, обеспечивая выявление скрытых закономерностей и взаимосвязей в данных. Выходной слой формирует итоговые результаты, которые могут использоваться для оценки соответствия, прогнозирования характеристик средств измерений или анализа неопределенности.

Использование подобных моделей в метрологических услугах позволяет автоматизировать обработку больших массивов измерительной информации, повысить точность анализа результатов калибровки и реализовать интеллектуальные методы поддержки принятия решений. В контексте трансформации метрологических услуг применение нейросетевых технологий является одним из ключевых направлений цифровизации и повышения эффективности метрологического обеспечения.

**Современные вызовы в сфере метрологических услуг**

Современные метрологические услуги сталкиваются с рядом системных вызовов, обусловленных как технологическими, так и институциональными факторами.

Во-первых, значительное усложнение измерительных систем, включая внедрение интеллектуальных датчиков и распределенных измерительных сетей, требует новых подходов к их метрологическому обеспечению. Традиционные методы поверки и калибровки не всегда обеспечивают достаточную гибкость и оперативность в условиях динамически изменяющихся систем.

Во-вторых, наблюдается рост требований к метрологической прослеживаемости результатов измерений, особенно в международной торговле и научных исследованиях. Это требует гармонизации методик и стандартов, а также развития механизмов взаимного признания результатов измерений (рис.2.).

В-третьих, цифровизация процессов приводит к необходимости перехода от бумажных документов к цифровым форматам, включая цифровые сертификаты калибровки. Это требует создания соответствующей инфраструктуры доверия, включая системы защиты данных и идентификации.

Еще одним важным вызовом является необходимость учета неопределенности измерений при принятии решений о соответствии. В условиях ужесточения требований к качеству продукции возрастает значимость риск-ориентированных подходов.

Наконец, развитие технологий искусственного интеллекта открывает новые возможности, но одновременно ставит задачи по обеспечению достоверности и интерпретируемости результатов, полученных с использованием таких технологий.

**Ключевые элементы системы метрологических услуг**

Система метрологических услуг включает в себя ряд взаимосвязанных элементов, обеспечивающих ее функционирование и развитие.

К основным элементам относятся:

- ***Нормативно-методическая база**, включающая стандарты, методики поверки и калибровки, а также руководящие документы;*
- ***Средства измерений и эталонная база**, обеспечивающие реализацию единиц измерений и их передачу;*
- ***Метрологическая инфраструктура**, включающая калибровочные и испытательные лаборатории;*
- ***Процессы оценки соответствия**, включая поверку, калибровку, верификацию и сертификацию;*
- ***Система обеспечения прослеживаемости**, обеспечивающая связь результатов измерений с национальными и международными эталонами;*
- ***Кадровый потенциал**, включающий специалистов в области метрологии;*

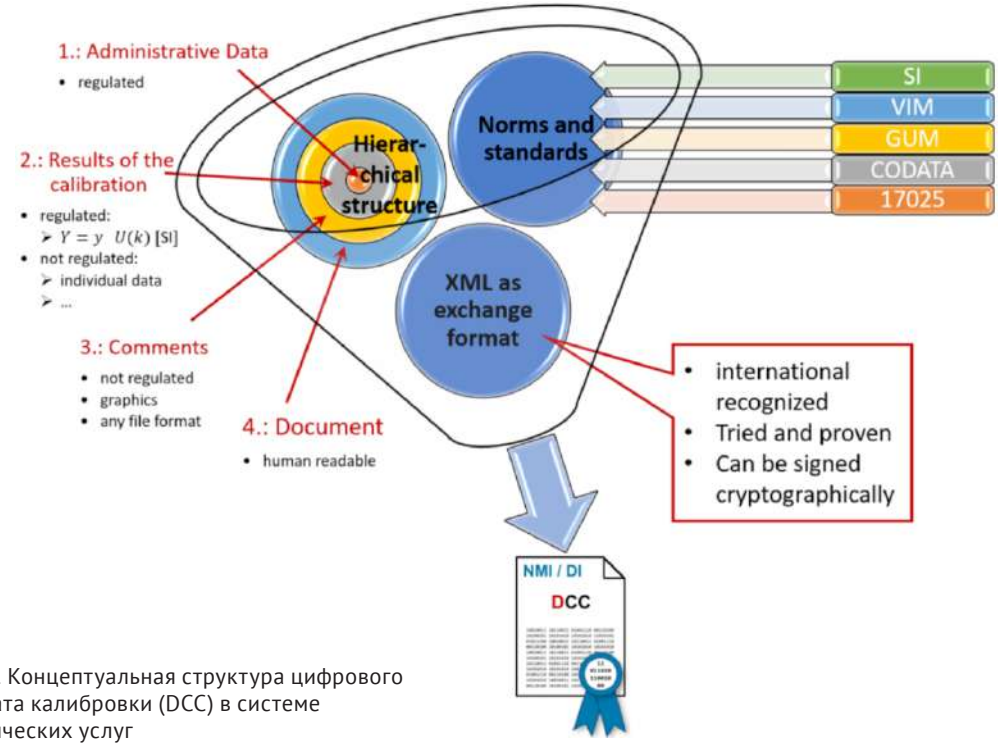



Рисунок 3. Концептуальная структура цифрового сертификата калибровки (DCC) в системе метрологических услуг

• ***Информационные системы**, обеспечивающие хранение, обработку и передачу метрологических данных.*

В современных условиях каждый из этих элементов требует адаптации и модернизации с учетом новых технологических возможностей и требований.

**Научные подходы к трансформации ключевых элементов**

Трансформация системы метрологических услуг должна основываться на комплексном научном подходе, включающем следующие направления:

1. **Развитие методов оценки неопределенности измерений**

Совершенствование математического аппарата оценки неопределенности позволяет повысить достоверность результатов измерений и обоснованность принимаемых решений.

2. **Внедрение риск-ориентированных подходов**

Принятие решений о соответствии должно учитывать не только результаты измерений, но и связанные с ними риски, что позволяет повысить эффективность контроля качества.

3. **Цифровизация метрологических услуг**

Переход к цифровым сертификатам, создание цифровых платформ и использование облачных технологий позволяют повысить доступность и прозрачность метрологических данных.

4. **Применение искусственного интеллекта**

Использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных калибровки и диагностики средств измерений способствует повышению эффективности и снижению затрат.

5. **Разработка адаптивных моделей метрологического обеспечения**

Такие модели позволяют учитывать особенности конкретных измерительных систем и условий их эксплуатации.

6. **Гармонизация международных стандартов**

Обеспечение сопоставимости результатов измерений требует согласования методик и процедур на международном уровне.

## *Практические кейсы применения нейросетей в метрологии*

В области мониторинга состояния оборудования нейросети применяются для распознавания аномалий и предиктивного обслуживания, предупреждая возможные сбои и обеспечивая своевременную калибровку приборов. Кейсы включают системы контроля качества на производстве, где нейросети анализируют результаты измерений и выявляют отклонения от заданных параметров.В сфере обработки данных нейросети используются для фильтрации и сжатия сигналов, повышая качество измерительной информации и сокращая объем хранимых данных. Кейсы охватывают автоматизацию метрологических процессов, где интеллектуальные нейросетевые системы самостоятельно выполняют рутинные операции, высвобождая человеческие ресурсы для более сложных задач.

На рисунке 3 представлена концептуальная модель формирования цифрового сертификата калибровки (Digital Calibration Certificate, DCC), отражающая структуру и основные элементы цифрового представления результатов калибровки. Показано, что данные сертификата организованы в иерархическую структуру, включающую административную информацию, результаты калибровки, комментарии и сопроводительную документацию.

Особое внимание уделено стандартизированному представлению данных с использованием формата XML, обеспечивающего интероперабельность и возможность автоматизированной обработки информации. Основой для формирования содержательной части сертификата служат международные нормативные документы и стандарты, такие как система единиц SI,

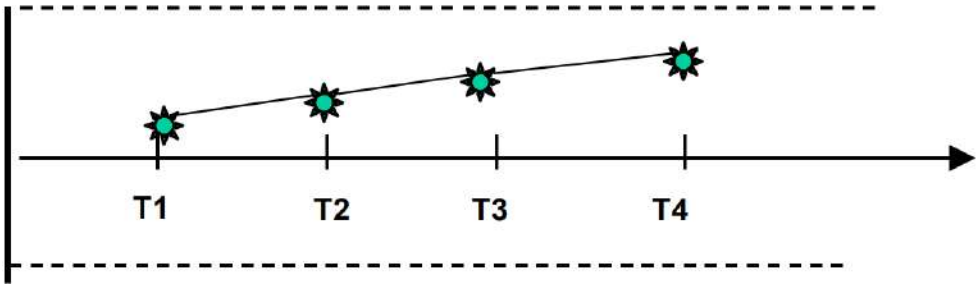



*Рисунок 4.* Динамика результатов верификации средств измерений во времени (T1–T4)

международный словарь по метрологии (VIM), руководство по выражению неопределенности измерений (GUM), а также требования к компетентности лабораторий (ISO/IEC 17025). Отмечается, что цифровой формат сертификатов обеспечивает их международное признание, возможность криптографической подписи и повышение уровня доверия к результатам измерений. Внедрение DCC является важным этапом цифровизации метрологических услуг и способствует интеграции метрологических данных в современные информационные системы, обеспечивая их прослеживаемость, доступность и защиту.

**Переход от поверки к верификации средств измерений**

В соответствии с Указом Президента Республики Узбекистан от 16 февраля 2026 года реализуется системная реформа национальной метрологической инфраструктуры, направленная на гармонизацию с международными требованиями и практиками Международная организация законодательной метрологии. В рамках данной реформы с 1 января 2027 года предусматривается прекращение действующей практики поверки средств измерений и поэтапное внедрение института верификации в сфере законодательной метрологии, основанного на риск-ориентированных подходах и принципах обеспечения прослеживаемости результатов измерений. Предлагаемые изменения ориентированы на повышение достоверности результатов измерений, снижение административной нагрузки на участников рынка, а также на обеспечение международного признания результатов метрологического контроля, что является ключевым условием интеграции национальной экономики в глобальные торгово-технические системы.

Рис. 4 иллюстрирует последовательные результаты верификации средства измерений в контрольные моменты времени T1–T4 в пределах установленных допускаемых границ. Наблюдаемая тенденция отражает изменение метрологического состояния средства измерений, что позволяет оценивать стабильность характеристик и принимать решения о пригодности без обязательной периодической поверки. В отличие от поверки, верификация ориентирована на подтверждение соответствия в конкретный момент времени с учётом прослеживаемости и допустимого риска принятия решения.

**Концептуальная модель трансформации метрологических услуг**

Концептуальная модель трансформации метрологических услуг предполагает переход от традиционной, процедурно-ориентированной модели к интегрированной цифровой системе.

Ключевыми характеристиками данной модели являются: интеграция всех элементов метрологической инфраструктуры в единую цифровую среду; использование цифровых двойников средств измерений; автоматизация процессов сбора и анализа данных; внедрение систем поддержки принятия решений; обеспечение непрерывной метрологической прослеживаемости в режиме реального времени. Модель основывается на принципах открытости, масштабируемости и интероперабельности, что позволяет адаптировать ее к различным условиям применения.

На рисунке 5 представлена структурная схема цифрового сертификата калибровки (DCC), отражающая его логическую организацию и состав основных информационных блоков. Показано, что цифровой сертификат формируется в виде иерархической струк-

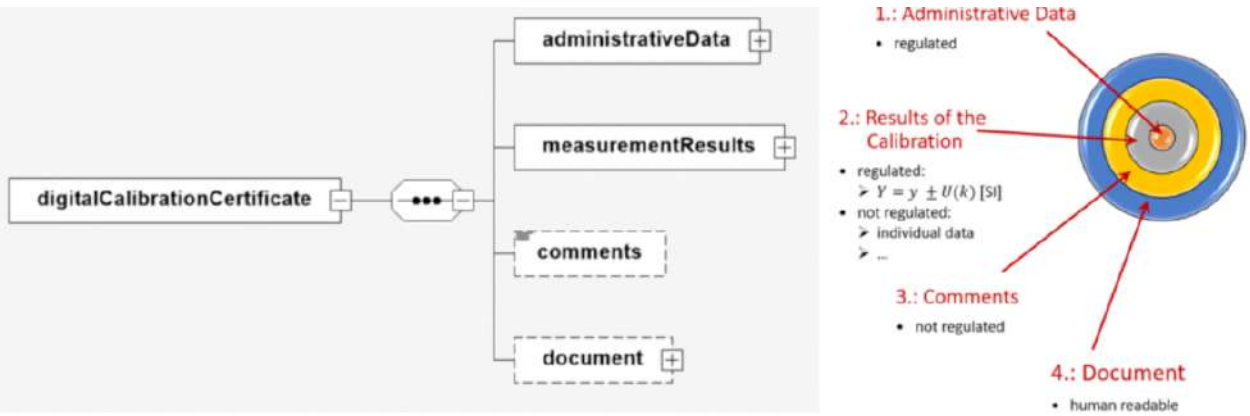



*Рисунок 5.* Структурная модель цифрового сертификата калибровки и иерархия его информационных компонентов

туры, включающей такие ключевые элементы, как административные данные (administrativeData), результаты измерений (measurementResults), комментарии (comments) и сопроводительный документ (document). Административные данные содержат регламентированную информацию о калибровочной лаборатории, объекте калибровки и условиях проведения измерений. Блок результатов измерений является центральным элементом структуры и включает значения измеряемых величин, а также связанные с ними оценки неопределенности, обеспечивая метрологическую прослеживаемость. Комментарии и дополнительные документы носят менее формализованный характер и могут включать графическую информацию, пояснения и вспомогательные материалы. Иерархическая организация данных обеспечивает удобство их машинной обработки, возможность интеграции в цифровые платформы и автоматизированные системы анализа. Представленная структура является основой для реализации

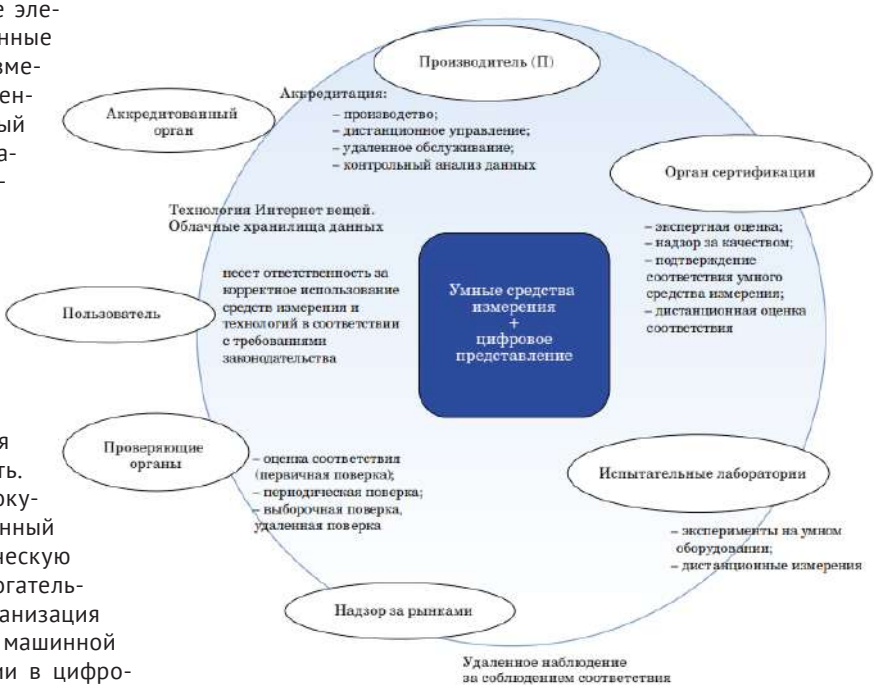



*Рисунок 6.* Экосистема метрологических услуг с использованием технологий Интернета вещей и облачных решений

### *Обсуждение результатов*

Проведенный анализ показывает, что трансформация метрологических услуг является объективной необходимостью, обусловленной современными технологическими и экономическими условиями. Предложенные научные подходы позволяют сформировать основу для повышения эффективности и надежности метрологического обеспечения.

Особое значение имеет внедрение цифровых технологий, которые позволяют существенно сократить временные и финансовые затраты, а также повысить прозрачность процессов. В то же время необходимо учитывать риски, связанные с кибербезопасностью и достоверностью цифровых данных.

Применение искусственного интеллекта открывает перспективы для дальнейшего развития метрологии, однако требует разработки соответствующих методических и нормативных основ.

### *Перспективы развития нейросетей в метрологии*

Нейросетевые технологии открывают перспективные направления для развития метрологии. Искусственный интеллект способен обрабатывать большие объемы данных и находить скрытые закономерности, что позволит повысить точность и достоверность измерений. Нейросети могут использоваться для интеллектуального анализа погрешностей, выявления систематических ошибок и оптимизации процессов калибровки и поверки средств измерений.

Перспективным направлением является внедрение гибридных методов, сочетающих преимущества нейросетей и традиционных алгоритмов обработки данных. Такие решения способны существенно повысить эффективность метрологических процессов и обеспечить высокую точность результатов измерений. Развитие нейросетей позволит создавать интеллектуальные системы управления качеством измерений, автоматизированные системы метрологического обеспечения производств.

Перспективы развития нейросетевых технологий в метрологии тесно связаны с совершенствованием методов машинного обучения, ростом вычислительных мощностей и накоплением больших объемов метрологических данных. Это открывает возможности для разработки более точных и эффективных нейросетевых решений для широкого спектра метрологических задач.

Экосистема метрологических услуг с использованием технологий Интернета вещей и облачных решений отражает переход от традиционной изолированной модели метрологического обеспечения к интегрированной цифровой среде. В представленной схеме показано взаимодействие ключевых участников — производителей, органов сертификации, испытательных лабораторий, пользователей и надзорных структур — в рамках единого информационного пространства (рис.6.).

Применение технологий Интернета вещей обеспечивает непрерывный сбор и передачу измерительных данных, а облачные решения — их централизованное хранение, обработку и анализ. Это позволяет реализовать дистанционное управление средствами измерений, удалённую поверку и мониторинг их состояния в реальном времени. Важным элементом экосистемы является цифровое представление результатов измерений, включая использование электронных сертификатов, что повышает прозрачность и прослеживаемость данных. Таким образом, представленная модель демонстрирует возможность повышения эффективности метрологических услуг, сокращения временных и организационных затрат, а также обеспечения сопоста-

**Мировые примеры внедрения ИИ в метрологии**

| Страна | Тип внедрения ИИ | Эффект внедрения |
|---|---|---|
| Германия | Предиктивный мониторинг | –40% отказов оборудования |
| Япония | AI-анализ стабильности эталонов | Повышение точности эталонов |
| Южная Корея | Smart Metrology Labs | –27% неплановых остановок |
| США | Цифровые двойники (Digital Twin) | Снижение затрат на калибровки |
| ЕС | Metrology Cloud | Повышение прозрачности данных |

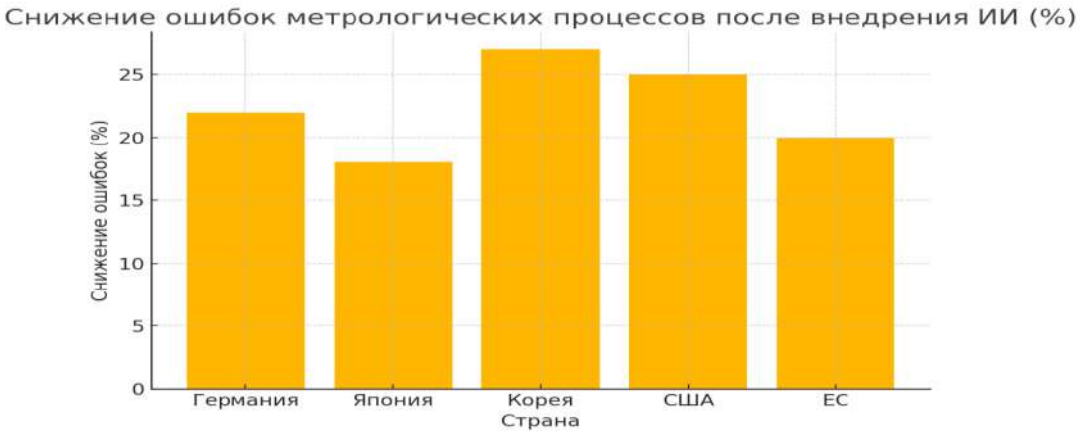



Рисунок 7. Мировые примеры внедрения искусственного интеллекта в метрологию и его влияние на снижение ошибок метрологических процессов

вимости результатов измерений в условиях глобального цифрового взаимодействия.

На рисунке 7 представлены международные практики внедрения технологий искусственного интеллекта в сферу метрологии, а также их влияние на снижение ошибок в метрологических процессах. Показано, что различные страны применяют ИИ в зависимости от приоритетных направлений развития: предиктивный мониторинг (Германия), анализ стабильности эталонов (Япония), интеллектуальные метрологические лаборатории (Южная Корея), цифровые двойники (США) и облачные метрологические платформы (ЕС).

Диаграмма демонстрирует, что внедрение ИИ способствует значительному снижению ошибок — в среднем от 18% до 27%, что свидетельствует о высокой эффективности цифровых технологий в повышении точности и надежности измерений. Наибольший эффект наблюдается в странах, активно внедряющих интеллектуальные лаборатории и автоматизированные системы анализа данных.

Таким образом, представленные данные подтверждают целесообразность интеграции технологий искусственного интеллекта в метрологические процессы как ключевого направления их модернизации и повышения качества метрологических услуг.

Например, Национальный институт стандартов и технологий (NIST) реализует проект **SAMS (Self-correcting Autonomous Metrology Systems)**, где применяется машинное обучение для автоматической коррекции измерений.

• Используются **physics-informed ML модели** для отслеживания скрытых факторов (дрейфа, температурных влияний и др.)

• Обеспечивается **долговременная стабильность калибровки без повторных поверок**

• Снижение неопределенности измерений до **10 раз** для квантовых датчиков

**Цифровое представление метрологической прослеживаемости**

Цифровая трансформация метрологической прослеживаемости становится ключевым требованием современных измерительных систем в условиях цифровых экосистем. Согласно International Vocabulary of Metrology (VIM), метрологическая прослеживаемость представляет собой свойство результата измерения, позволяющее связать его с эталоном через непрерывную цепочку калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределённость измерений. Однако на практике в калибровочных сертификатах обычно указывается только ближайший эталон, что ограничивает прозрачность всей цепочки прослеживаемости.

Несмотря на то что Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) предоставляет строгую математическую основу для оценки неопределённости, он не в полной мере учитывает требования к цифровому представлению и передаче метрологической информации по всей цепочке прослеживаемости. В условиях цифровых систем необходимо отходить от традиционной практики, ориентированной исключительно на расширенную неопределённость, и обеспечивать более полное представление всех её составляющих. Это открывает возможности для использования цифровых технологий в автоматизированных измерительных системах и интеллектуальной обработке данных.

Перспективным решением является применение технологий блокчейн, обеспечивающих целостность, подлинность и неизменяемость данных. На их основе возможно создание цифровых калибровочных сертификатов, позволяющих полностью проследить цепочку

калибровок вплоть до первичных эталонов. Вместе с тем практическая реализация таких решений требует согласованного внедрения во всех аккредитованных лабораториях и соответствия нормативным требованиям, включая подходы WELMEC.

Таким образом, цифровое представление метрологической прослеживаемости формирует новую парадигму доверия к измерениям, обеспечивая прозрачность, безопасность и интеграцию в цифровые экосистемы.

### *Заключение*

В статье рассмотрены современные вызовы, стоящие перед системой метрологических услуг, и обоснована необходимость ее трансформации. Показано, что традиционные подходы к организации метрологического обеспечения требуют пересмотра с учетом цифровизации, глобализации и развития новых технологий. Предложены научные подходы к совершенствованию ключевых элементов системы метрологических услуг, включая развитие методов оценки неопределенности, внедрение риск-ориентированных подходов и использование цифровых технологий.

Анализ показывает, что цифровая метрология требует полной цифровой прослеживаемости измерений, где ключевую роль играют управление неопределённостью, цифровые сертификаты и блокчейн как инструмент обеспечения доверия и прозрачности, однако внедрение возможно только при согласовании с международными стандартами и правовыми требованиями.

Внедрение верификации позволяет реализовать риск-ориентированный подход к принятию решений о соответствии, повысить эффективность метрологического контроля и обеспечить прослеживаемость результатов измерений при оптимизации затрат и процедур контроля.

Реализация предложенных решений позволит повысить достоверность результатов измерений, обеспечить их международную сопоставимость и повысить эффективность метрологических услуг в целом. Таким образом, современная метрология трансформируется в интеллектуальную, адаптивную и во многом автономную систему, в которой искусственный интеллект становится ключевым элементом обеспечения достоверности и эффективности измерений.

### *Список использованной литературы*


1. *Машарипов Ш.М.* Научно-практические основы оценки неопределённости измерений физико-химических величин и вопросы установления метрологической прослеживаемости. Монография. Под редакцией д.т.н., проф. Р.К. Азимов. – Т: «Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi», 2024. – 220 стр.

2. Smart manufacturing and digitalization of metrology: A systematic literature review and a research agenda / A. Garcia et al. // Sensors. — 2022. — Vol. 22, No. 16. URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/22/16/6114

3. Metrology for the digital age / N. Smith et al. // Measurement: Sensors. — 2021. — Vol. 18. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665917421001951

4. *Машарипов Ш.М.* Исследование метрологические характеристики физико-химических средств измерений и способы повышения точности экспериментальных работ: Монография. – Т.: "Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi", 2021.– 192 стр.

5. *Masharipov, S. and Qudratov, J.*, "Experimental study of accuracy, precision, stability and uncertainty of physical and chemical quantities using certified reference materials," AIP Conf. Proc. 3045, 030072 (2024). https://doi.org/10.1063/5.0197474

6. *Masharipov, S.M., Mavlyanov, M.A.*, and *Abdumajidov, I.B.*, "Metrological requirements of international standard ISO/IEC 17025:2017 and experimental study questions on metrological traceability of measurement results," AIP Conf. Proc. 2969, 060043 (2024). http://dx.doi.org/10.1063/5.0182431

7. Digital transformation in metrology: Building a metrological service ecosystem / J. Müller et al. // Procedia Computer Science. — 2022. — Vol. 200. — P. 1234–1243. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922002381

8. *SH.M. Masharipov., P.M. Matyaqubova,* A New Method Of Determination Of Intercalibration Intervals Of Measuring Instruments Of Physico-Chemical Quantities Taking Into Account The Uncertainty Of Measurements// Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2024, N5-6 (119-120, Special Issue), WCIS-2024, ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105, pp. 118-123 (05.00.00, №12, Scopus, OAK ning 04.10.24 yildagi 362/5-son Qarori)

9. *Thaler, G., Machado, J.P.Z., Flesch, R.C.C., & Pacheco, A.L.S.* (2025) — Incorporating sampling uncertainty into physicochemical measurement uncertainty for fuel property specification. Metrology (MDPI). DOI:10.3390/metrology5010006

10. *Possolo, A., Hibbert, D.B., Stohner, J., Bodnar, O., & Meija, J.* (2024) — A brief guide to measurement uncertainty (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry. DOI:10.1515/pac-2022-1203

11. von Clarmann, T., Compernolle, S., & Hase, F. (2022) — Truth and uncertainty: critical discussion of error vs. uncertainty concepts. Atmospheric Measurement Techniques. DOI:10.5194/amt-15-1145-2022

12. Hughes, F., Marschall, M., Wübbeler, G. et al. (2024) — JCGM 101-compliant uncertainty evaluation using virtual experiments. arXiv preprint.

13. *Zhang, X.*, et al. (2023) — Monte Carlo evaluation of uncertainties of UV spectra measured by Brewer spectrophotometer. Journal of Geophysical Research. DOI:10.1029/2023JD039500

14. Optical metrology for digital manufacturing: A review / L. Zhang et al. // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2022. — Vol. 118. — P. 345–372.

URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-022-09084-5

15. Data provenance, curation and quality in metrology / A. Cox et al. // *arXiv.* — 2021.

URL: https://arxiv.org/abs/2102.08228

16. https://www.nist.gov/programs-projects/machine-learning-driven-self-correcting-autonomous-metrology-systems-sams?utm_source=chatgpt.com

17. https://www.sciencedirect.com/

18. www.springer.com

19. www.oiml.org

20. www.bipm.org

21. www.iso.org

O'ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI
UzNIM

# SPIROGRAF METROLOGIYA TEKSHIRUVINI OLIB BORISH YUZASIDAN ELEKTRON HISOBLASH MASHINALAR DASTURINI YARATISH

**Nishonov Vohobjon Xamidulla o'g'li,** O'zbekiston milliy metrologiya instituti bosh mutaxassisi
v.nishonov@nim.uz

**Annotatsiya.** *Ushbu maqolada spirograf o'lchash vositalarining metrologiya tekshiruvini samarali tashkil etish maqsadida ishlab chiqilgan elektron hisoblash mashinalari (EHM) dasturi taqdim etiladi. Dastur spirograflar, spirometrlar va spiroanalizatorlarning metrologik xarakteristikalarini aniqlash, o'lchash natijalarini avtomatik qayta ishlash hamda o'lchash xatoliklarini hisoblash imkonini beradi. Tadqiqot jarayonida xalqaro standartlar va metrologik talablarga asoslangan holda qiyoslash algoritmlari ishlab chiqildi va dasturiy ta'minot shaklida joriy etildi. Yaratilgan dastur spirograf o'lchash vositalarini metrologiya tekshiruvdan o'tkazish jarayonini avtomatlashtirish, o'lchashlarning aniqligi va ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.*

**Kalit so'zlar:** *Metrologiya, metrologiya tekshiruvi, qiyoslash, spirograf, elektron hisoblash mashinalari.*

**Аннотация.** *В данной статье представлена программа для электронных вычислительных машин (ЭВМ), разработанная с целью повышения эффективности проведения метрологического контроля средств измерений спирографии. Программное обеспечение обеспечивает определение метрологических характеристик спирографов, спирометров и спироанализаторов, автоматическую обработку результатов измерений, а также расчет погрешностей измерений. В ходе исследования на основе международных стандартов и метрологических требований были разработаны алгоритмы поверки и реализованы в виде программного обеспечения. Разработанная программа позволяет автоматизировать процесс метрологического контроля спирографических измерительных средств и способствует повышению точности и надежности проводимых измерений.*

**Ключевые слова**: *Метрология, метрологический контроль*, поверка, спирограф, электронные вычислительные-машины.

**Abstract.** *This article presents a software program for electronic computing machines (ECM) developed to improve the efficiency of the metrological control of spirograph measuring devices. The software enables the determination of metrological characteristics of spirographs, spirometers, and spiroanalyzers, automatic processing of measurement results, and calculation of measurement errors. During the research, verification algorithms were developed based on international standards and metrological requirements and implemented as software. The developed program allows the automation of the metrological verification process of spirograph measuring devices and contributes to improving the accuracy and reliability of measurements.*

**Keywords:** *Metrology, metrological control, verification, spirograph, electronic computing machines.*

## *Kirish*

Bugungi kunda tibbiyot sohasida qo'llaniladigan o'lchash vositalarining aniqligi va ishonchliligi bemorlarga to'g'ri tashxis qo'yish hamda samarali davolash jarayonida muhim ahamiyat kasb etadi [1-4]. Nafas olish tizimi faoliyatini baholashda keng qo'llaniladigan spirograf, spirometr va spiroanalizator kabi o'lchash vositalarining metrologiya trkshiruvi esa ularning o'lchash natijalarining ishonchliligini ta'minlashda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli ushbu turdagi o'lchash vositalarini belgilangan tartibda metrologiya tekshiruvdan o'tkazish muhim vazifalardan biridir [5-8].

Olib borilayotgan dissertatsiya ishining oldingi tadqiqotlari doirasida spirograf o'lchash vositalarini qiyoslash usullari va vositalarini belgilovchi O'z DSt 3655:2023 davlat standarti ishlab chiqilib amaliyotga joriy etilgan [9]. Mazkur standart spirograf tibbiyot o'lchash vositalarining metrologik xarakteristikalarini aniqlash hamda ularning o'lchash xatoliklarini baholash tartibini belgilaydi. Biroq qiyoslash jarayonida o'lchash natijalarini qayta ishlash,

hisob-kitoblarni amalga oshirish va natijalarni tahlil qilish ko‘p hollarda katta hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlashni talab qiladi. Bu esa jarayonning murakkablashishiga, qo‘shimcha vaqt sarflanishiga hamda inson omili bilan bog‘liq xatoliklar yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli metrologiya tekshiruv jarayonini avtomatlashtirish va hisob-kitoblarni dasturiy ta’minot yordamida amalga oshirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada spirograf, spirometr va spiroanalizator o‘lchash vositalarining metrologiya tekshiruvi jarayonini soddalashtirish, vaqt sarfini kamaytirish hamda o‘lchash natijalarining aniqligi va ishonchliligini oshirish maqsadida ishlab chiqilgan elektron hisoblash mashinasi dasturi taqdim etiladi.

## *Metod va materiallar*

Ushbu tadqiqot spirometrlar, spirograflar, spiroanalizatorlar, pnevmotaxometrlar va pikfloumetrlarning metrologiya tekshiruv jarayonini avtomatlashtirishga mo‘ljallangan EHM dasturi ishlab chiqishni nazarda tutadi. Tadqiqot obyekti sifatida spirograf o‘lchash vositalarining metrologiya tekshiruv jarayonida amalga oshiriladigan o‘lchash natijalarini qayta ishlash, hisob-kitoblarni bajarish hamda qiyoslash bayonnomalarini rasmiylashtirish jarayoni tanlandi.

Dastur spirograf o‘lchash vositalarini metrologiya tekshiruvdan o‘tkazish vaqtida tuziladigan bayonnomalarni avtomatik shakllantirish va zarur hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun mo‘ljallangan. Dastur yordamida o‘lchash natijalari kiritiladi, ularning asosida o‘lchash xatoliklari avtomatik hisoblab chiqiladi hamda metrologiya tekshiruv bayonnomalari shakllantiriladi.

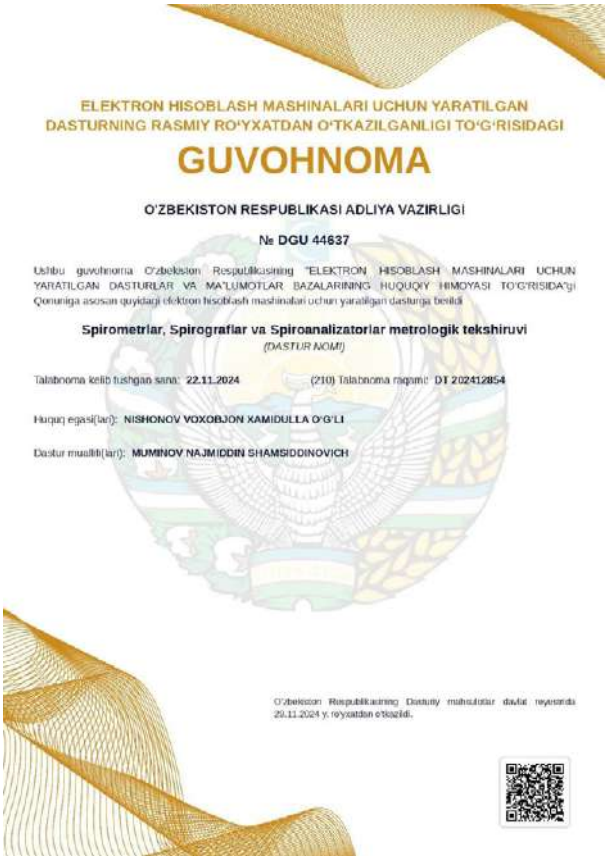
O‘zbekiston Respublikasi davlat standarti O‘z DSt 3655:2023 “Spirometrlar, spirograflar va spiroanalizatorlar. Qiyoslash usullari va vositalari” standartda belgilangan metrologik xarakteristikalar, o‘lchash oraliqlari va ruxsat etilgan xatoliklar dastur algoritmlarini shakllantirishda asosiy metodik asos sifatida foydalanildi. Shuningdek, metrologiya tekshiruv bayonnomalari O‘zbekiston Respublikasi “Metrologiya to‘g‘risida”gi qonuni [11] hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 29-avgustdagi 528-son qarori [12] talablariga muvofiq shakllantiriladi.

Dasturiy ta’minotni ishlab chiqishda zamonaviy veb-dasturlash texnologiyalaridan foydalanish nazarda tutiladi. Xususan, dastur JavaScript dasturlash tili asosida Vue JS freymvorki hamda TypeScript texnologiyasi yordamida ishlab chiqiladi. Dastur Android operatsion tizimi va veb-platformalarda ishlash, x86 arxitekturasidagi kompyuterlar hamda ARM64 arxitekturasidagi mobil qurilmalarda foydalanish uchun mo‘ljallangan materiallarni qamrab oladi.

## *Natija va muhokamalar*

Tadqiqot natijasida spirometrlar, spirograflar va spiroanalizatorlarning metrologiya tekshiruv yuzasidan EHM dasturi ishlab chiqildi. Mazkur dastur spirograf o‘lchash vositalarini qiyoslash jarayonida bajariladigan hisob-kitoblarni avtomatlashtirish, o‘lchash natijalarini qayta ishlash hamda metrologiya tekshiruv bayonnomalarini rasmiylashtirish uchun mo‘ljallangan.

Ishlab chiqilgan dastur O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligida 2024-yil 22-noyabrda “Spirometrlar, spirograflar va spiroanalizatorlarning metrologiya tekshiruvi” nomi bilan ro‘yxatdan o‘tkazilgan bo‘lib, unga №DGU44637 raqamli guvohnoma berilgan. Mazkur dastur spirograf o‘lchash vositalarining metrologiya tekshiruv jarayonini raqamlashtirish va avtomatlashtirishga xizmat qiladi.


ELEKTRON HISOBLASH MASHINALARI UCHUN YARATILGAN DASTURNING RASMIY RO‘YXATDAN O‘TKAZILGANLIGI TO‘G‘RISIDAGI

GUVOHNOMA

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI ADLIYA VAZIRLIGI

№ DGU 44637

Ushbu guvohnoma O‘zbekiston Respublikasining "ELEKTRON HISOBLASH MASHINALARI UCHUN YARATILGAN DASTURLAR VA MA'LUMOTLAR BAZALARINING HUQUQIY HIMOYASI TO'G'RISIDA"gi Qonuniga asosan quyidagi elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturga berildi

Spirometrlar, Spirograflar va Spiroanalizatorlar metrologik tekshiruvi

(DASTUR NOMI)

Talabnoma kelib tushgan sana: 22.11.2024 (210) Talabnoma raqami: DI 202412854

Huquq egasi(lari): NISHONOV YOXOBJON XAMIDULLA O‘G‘LI

Dastur muallif(lari): MUMINOV NAJMIDDIN SHAMSIDDINOVICH

O‘zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrida 29.11.2024 y. ro‘yxatdan o‘tkazildi.

*1-rasm*. EHM dasturi guvohnomasi

Dastur O‘z DSt 3655:2023 davlat standarti talablariga asoslangan holda ishlab chiqilgan. Ushbu standartda belgilangan metrologiya xarakteristikalar, o‘lchash oraliqlari va ruxsat etilgan xatoliklar dastur algoritmlarini shakllantirishda asosiy metodik asos sifatida foydalanildi. Dastur yordamida o‘lchash natijalari kiritilgandan so‘ng havo hajmi, hajmiy sarf va tashqi nafas parametrlarining o‘lchash xatoliklari avtomatik ravishda hisoblab chiqiladi hamda metrologik tekshiruv bayonnomasi shakllantiriladi.

Dasturiy ta’minotni ishlab chiqishda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanildi. Dastur JavaScript dasturlash tili asosida Vue JS freymvorki hamda TypeScript texnologiyasi yordamida ishlab chiqilgan. Dastur Android operatsion tizimi va veb-platformalarda ishlash imkoniyatiga ega bo‘lib, x86 arxitekturasidagi kompyuterlar hamda ARM64 arxitekturasidagi mobil qurilmalarda qo‘llash imkonini beradi.

Dastur ishlash prinsipi algoritmik ketma-ketlik asosida tashkil etilgan bo‘lib, u quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

1. Foydalanuvchi tomonidan qiyoslanayotgan o‘lchash vositasi to‘g‘risidagi ma’lumotlarni kiritish.
2. O‘lchash natijalarini dastur interfeysi orqali tizimga kiritish.
3. Kiritilgan ma’lumotlar asosida o‘lchash xatoliklarini matematik formulalar yordamida avtomatik hisoblash.




*2-rasm.* EHM dasturi afzalliklari

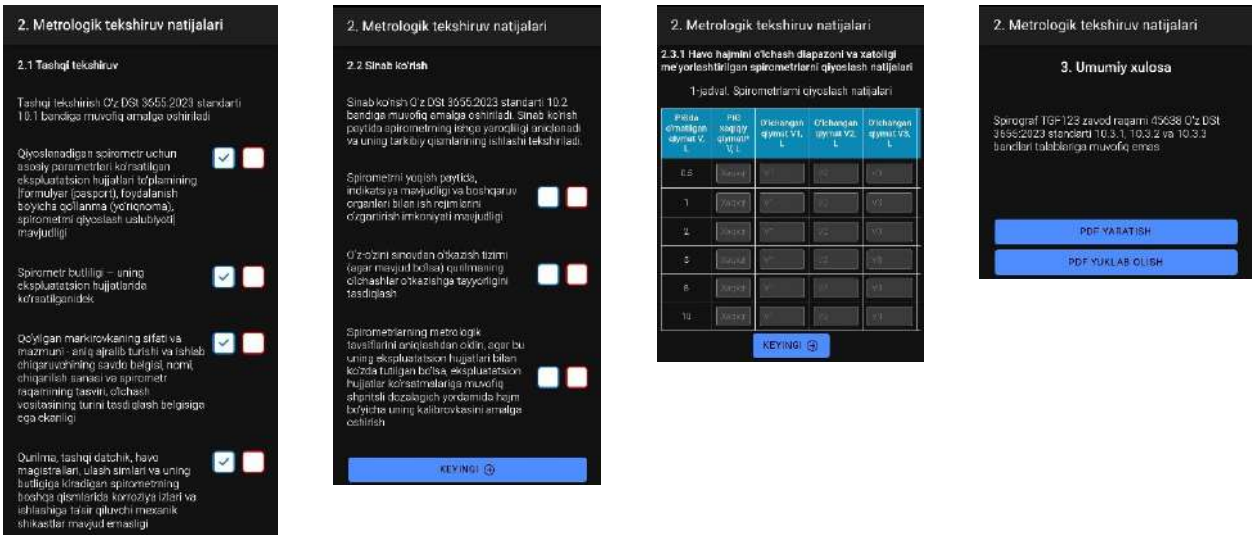
4. Hisoblash natijalarini davlat standarti talablariga muvofiq tahlil qilish.

5. Metrologiya tekshiruv natijalari bo'yicha bayonnomani avtomatik shakllantirish.

Mazkur algoritm metrologiya tekshiruv jarayonini soddalashtish hamda hisob-kitoblarni tezkor amalga oshirish imkonini beradi. An'anaviy usulda bajariladigan qo'lda hisoblash jarayonlari ko'p vaqt talab qilishi va inson omili bilan bog'liq xatoliklarni yuzaga keltirishi mumkin. Dasturdan foydalanish esa ushbu jarayonlarni avtomatlashtirib, metrologik tekshiruvning aniqligi, tezkorligi va samaradorligini oshiradi.

Bundan tashqari, dastur foydalanuvchi uchun qulay interfeysga ega bo'lib, metrologik laboratoriyalar sharoitida foydalanishga moslashtirilgan. Dastur yordamida tekshiruv bayonnomalarini avtomatik rasmiylashtirish imkoniyati metrologik xizmat ko'rsatish jarayonini sezilarli darajada optimallashtiradi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 28-fevraldagi PQ-91-sonli "O'zbekiston texnik jihatdan




*3-rasm.* EHM dasturi interfeys ko'rinishi

tartibga solish agentligining faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qaroriga [10] muvofiq respublika miqyosidagi Texnik tartibga solish milliy axborot tizimi (TRIS) joriy etildi. TRIS — bu standartlashtirish, sertifikatlashtirish, akkreditatsiya, metrologiya va davlat nazorati kabi funksiyalarni yagona elektron tizimda birlashtiruvchi milliy axborot platformasi bo‘lib, foydalanuvchilarga normativ-huquqiy hujjatlar, standartlar va metrologiya yo‘nalishidagi ma’lumotlarni izlash, foydalanish va elektron xizmatlarni olish imkonini beradi.

Tadqiqotning keyingi bosqichlarida yaratilgan dasturni TRIS milliy axborot tizimi bilan integratsiyalash nazarda tutilgan. Ushbu jarayon spirograf o‘lchash vositalarini metrologiya tekshiruvi natijalarni avtomatik ravishda TRIS milliy axborot tizimida qayd etish imkoniyatini yaratadi, bu esa o‘z navbatida metrologiya tekshiruvi jarayonlarini yana ham soddalashtirish imkonini taqdim etadi.

## *Xulosa*

Ishlab chiqilgan EHM dasturi spirograf, spirometr va spiroanalizatorlarning metrologiya tekshiruvi hisob-kitoblarini va bayonnomalarini avtomatik rasmiylashtirish orqali o‘lchovlarning aniqligi va tekshiruv samaradorligini oshiradi. Dasturiy ta’minot algoritmlari va IT yechimlari metrologiya tekshiruvi jarayonini soddalashtiradi, vaqtni tejaydi va inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi.

## *Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati*


1. *Ismailov Jamshid Abduraimovich* (2020). Surunkali obstruktiv o‘pka kasalligi bilan og‘rigan bemorlarda yurak-qon tomir tizimining patologik o‘zgarishlarini o‘rganish. Journal of cardiorespiratory research, 1 (3), 14-17. doi: 10.26739/2181

2. *Rakhmatullayeva G.K.* (2024). Surunkali obstruktiv o‘pka kasalligida so‘rovnoma va tekshiruvlar o‘tkazish. Journal of New Century Innovations, 48(1), 120–123. https://www.newjournal.org/index.php/new/article/view/11989

3. *S. J. van de Hei,* et all (2020). Quality of spirometry and related diagnosis in primary care with a focus on clinical use. NPJ primary care respiratory medicine, 30(1), 22. https://doi.org/10.1038/s41533-020-0177-z.

4. *Wu, Z., Huang, R., Zhong, L.* et al (2022). Technical performance analysis of different types of spirometers. BMC Pulmonary Medicine, 22 (23). https://doi.org/10.1186/s12890-021-01752-8

5. *Xamidova Z.A., Nishonov V.X.* (2018). Tibbiyot sohasida foydalanilayotgan asbob-uskunalarda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavflarni boshqarish. Standart jurnali, 1 son, Toshkent, nashriyot nomer 15-17

6. *Muminov N.SH., Nishonov V.X.* (2021). Metrological support system in the field of health care of the Republic of Uzbekistan. European Journal of Research Development and Sustainability, impakt faktor 7.455, 2 son, Ispaniya

7. *Nishonov Vohobjon Xamidulla O‘g‘li, Badnjevich Almir, & Muminov Najmiddin Shamsiddinovich* (2023). O‘zbekiston respublikasida qonunlashtiruvchi tibbiyot metrologiyasi samaradorligi. Илм-фан ва инновацион ривожланиш / Наука и инновационное развитие, 6 (1), 42-53. doi:10.36522/2181-9637-2023-1-6

8. *Nishonov V.X., Ismatullayev Sh.X., Mo‘minov N.Sh.* (2024) “Tibbiyot o‘lchash vositalari metrologik tekshiruvi” Monografiya, Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi, Toshkent, 250 bet.

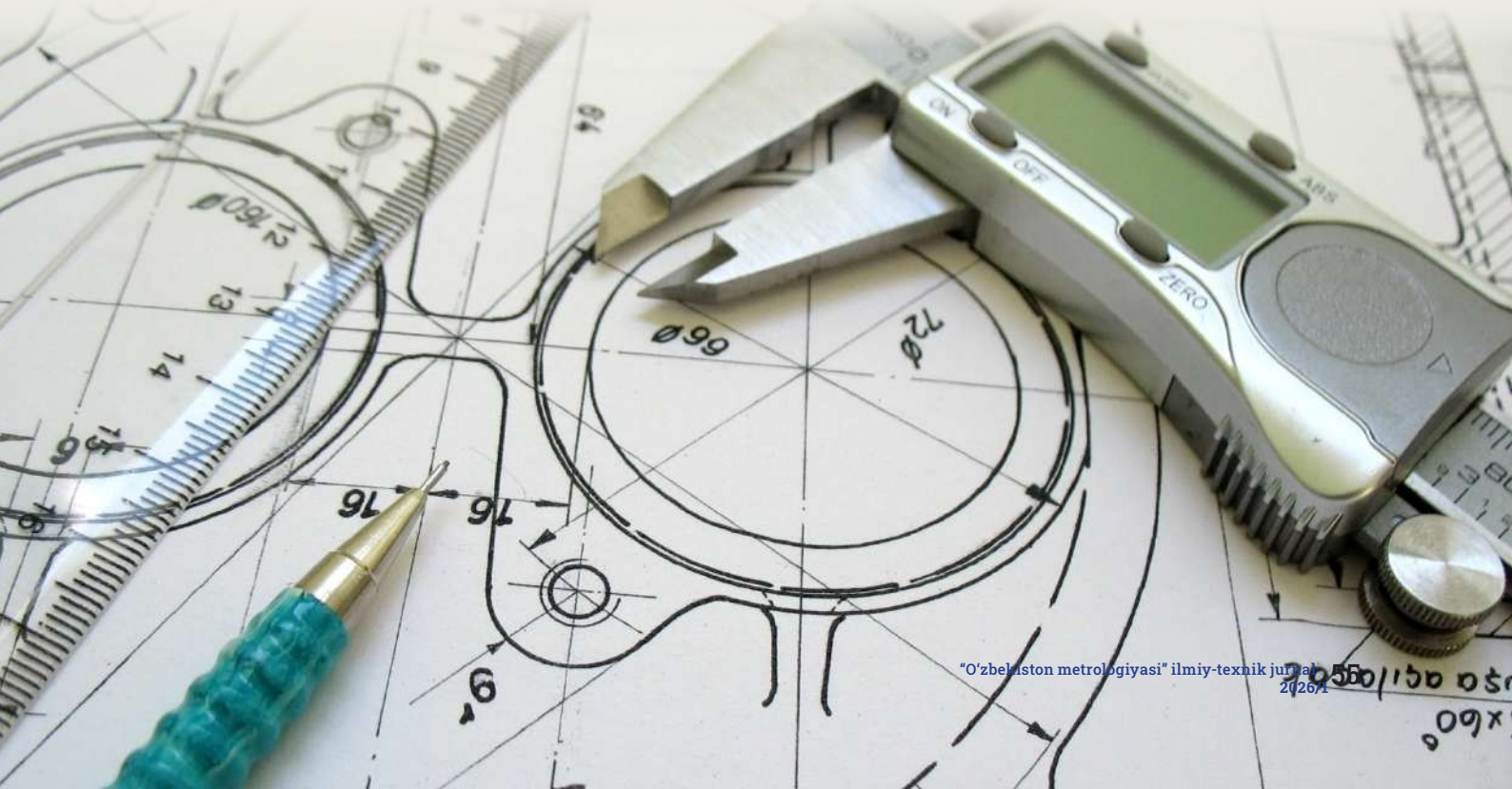
9. O‘z DSt 3655:2023 “Spirometrlar, spirograflar va spiroanalizatorlar. Qiyoslash usullari va vositalari” davlat standarti.

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 28-fevraldagi PQ-91-sonli “O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligining faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori.

11. O‘zbekiston Respublikasi “Metrologiya to‘g‘risida”gi qonuni

12. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 29-avgustdagi 528-sonli “O‘zbekiston Respublikasida metrologiya xizmatlari ko‘rsatish tartibini takomillashtirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori.

13. *Nishonov V.X.* (2024) “Spirograf o‘lchash vositalarining metrologik ta’minoti” Ilm-fan va innovatsion rivojlanish jurnali, 4 son 68-77 betlar.




# ELEKTR TRANSPORT VOSITALARINI ZARYADLASH QURILMALARINI DAVRIY METROLOGIK QIYOSLASHDAN O‘TKAZISH

***Mirpulatov Doniyor Anvar o'g'li,*** O‘zbekiston milliy metrologiya instituti Sirdaryo filiali mutaxassisi
UDK 006.91

**Annotatsiya.** *Mazkur maqolada elektr transport vositalarini zaryadlash qurilmalarining (ETVZQ) ishlash prinsiplari hamda ularni metrologik qiyoslash usullari tahlil qilingan. O‘zgaruvchan (AC) va o‘zgarmas (DC) tokda zaryadlashning xususiyatlari, afzalliklari va qo‘llanish sohalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot davomida elektr transport vositasi akkumulyatoriga uzatiladigan elektr energiyasi miqdori, zaryadlash vaqti va to‘lov qiymati asosiy o‘lchanadigan kattaliklar sifatida aniqlangan.*

*Shuningdek, O‘zMSt 585:2025 standartiga muvofiq zaryadlash qurilmalarini metrologik qiyoslash jarayoni, uning bosqichlari va texnik talablari batafsil yoritilgan. O‘lchash xatoliklarini aniqlash, kalibrlash usullari hamda energiya, vaqt va to‘lov ko‘rsatkichlarining aniqligini baholash formulalari keltirilgan. Tadqiqot natijalari elektr energiyasi hisobining aniqligini ta'minlash, zaryadlash xizmatlari shaffofligini oshirish hamda iste'molchilar va tadbirkorlar manfaatlarini himoya qilishda metrologik nazoratning muhimligini ko‘rsatadi.*

**Kalit so‘zlar:** *Elektr transport vositasi, zaryadlash qurilmasi, metrologik qiyoslash, o‘lchash xatoligi, kalibrlash, elektr energiyasi hisobi, AC va DC zaryadlash, texnik standartlar, O‘zMSt 585:2025, vaqt o‘lchovi, to‘lov xatoligi, energiya aniqligi.*

**Abstract.** *This article analyzes the operating principles of electric vehicle charging devices (EVCD) and methods for their metrological verification. The features, advantages, and application areas of alternating current (AC) and direct current (DC) charging are examined. The study identifies key measured parameters, including the amount of electrical energy delivered to the electric vehicle battery, charging time, and billing value.*

*Furthermore, the process of metrological verification of charging devices in accordance with the O‘zMSt 585:2025 standard is described in detail, including its stages and technical requirements. Methods for determining measurement errors, calibration techniques, and formulas for evaluating the accuracy of energy, time, and billing indicators are presented. The results highlight the importance of metrological control in ensuring accurate electricity metering, enhancing transparency of charging services, and protecting the interests of consumers and businesses.*

**Keywords:** *Electric vehicle, charging device, metrological verification, measurement error, calibration, electricity metering, AC and DC charging, technical standards, O‘zMSt 585:2025, time measurement, billing error, energy accuracy*

**Аннотация.** *В данной статье проанализированы принципы работы зарядных устройств для электрических транспортных средств (ЗУ ЭТС), а также методы их метрологической поверки. Рассмотрены особенности, преимущества и области применения зарядки переменным (AC) и постоянным (DC) током. В ходе исследования определены основные измеряемые величины, включая количество электрической энергии, передаваемой аккумулятору электромобиля, время зарядки и стоимость оплаты.*

*Кроме того, подробно описан процесс метрологической поверки зарядных устройств в соответствии со стандартом O‘zMSt 585:2025, включая его этапы и технические требования. Представлены методы определения погрешностей измерений, способы калибровки, а также формулы оценки точности показателей энергии, времени и оплаты. Результаты исследования подчеркивают важность метрологического контроля для обеспечения точности учета электроэнергии, повышения прозрачности услуг зарядки, а также защиты интересов потребителей и предпринимателей.*

**Ключевые слова:** *Электрическое транспортное средство, зарядное устройство, метрологическая поверка, погрешность измерения, калибровка, учет электроэнергии, зарядка AC и DC, технические стандарты, O‘zMSt 585:2025, измерение времени, погрешность оплаты, точность энергии*

Elektr transport vositalarini zaryadlash qurilmalari elektr transport vositalari akkumulyatorlarini o‘zgaruvchan (AC) va o‘zgarmas (DC) tokda qayta zaryadlashda qo‘llaniladi. O‘zgaruvchan (AC) va o‘zgarmas (DC) tokda zaryadlash qurilmalarining o‘ziga xos afzalliklari mavjud.

**Afzalliklari.** Elektr transport vositalarini o‘zgarmas (DC) tokda zaryadlash o‘zgaruvchan (AC) tokda zaryadlashga nisbatan kamroq vaqt talab etadi. Tezkor quvvatlash uchun mo‘ljallangan zaryadlash qurilmalari asosan o‘zgarmas tokda ishlaydi. Zaryadlash qurilmalari ma'lum vaqt oralig‘ida belgilangan miqdordagi elektr energiyasini

elektr transport vositasi akkumulyatoriga uzatadi. To'lov miqdori zaryadlash qurilmasi tomonidan sarflangan, ya'ni akkumulyatorga uzatilgan elektr energiyasi miqdoriga mos ravishda amalga oshiriladi.

Ushbu jarayonda hisobga olinadigan va o'lchanadigan asosiy kattaliklar "В.Ф. Яковлев Современные Зарядные И Пусковые Устройства Для Автомобилей Учебное ПОСОБИЕ Издание второе, стереотипное" va "Разработка зарядной станции для электромобилей и исследование режимов ее работы" adabiyotlaridagi malumotlarni o'rganib chiqish natijasida quyidagilardan iborat deb xulosa qilindi:

- elektr transport vositasi (ETV) akkumulyatoriga uzatilgan elektr energiyasi miqdori;
- ETV akkumulyatorining to'liq zaryadlanish vaqti;
- zaryadlash natijasida ETV akkumulyatoriga uzatilgan elektr energiyasiga mos to'lov qiymati.

Elektr transport vositalarini zaryadlash qurilmalarini davriy metrologik qiyoslash jarayonida yuqorida keltirilgan uchta kattalik bo'yicha yuzaga keladigan o'lchash xatoliklari inobatga olinadi.

**ETVZQ larni metrologik qiyoslash jarayoni (O'zMSt 585:2025 O'zbekiston Respublikasining o'lchashlar birligini ta'minlash davlat tizimi. Elektromobillarni zaryadlash qurilmalari. Qiyoslash uslubiyati ga muvofiq amalga oshiriladi)**

ETVZQ (Elektr Transport Vositalarini Zaryadlash Qurilmalari) larni metrologik qiyoslashni o'tkazish davomida quyidagi operatsiyalar bajarilishi kerak:

- Tashqi ko'rik;
- Izolyatsiya qarshiligi;
- O'lchash xatoligi, ko'rsatish xatoligi (indikator xatoligi);
- To'lov xatoligi;
- Vaqt ko'rsatishining (indikatori) xatoligi.

**Izoh:** Vaqt ko'rsatgichi (indikatori) mavjud bo'lmagan zaryadlash qurilmasi uchun vaqt ko'rsatish xatoligi aniqlanmaydi.

**Zaryadlash qurilmalari quyidagi texnik tavsiflarga ega bo'lishi yoki belgilangan oralig'ida bo'lishi mumkin:**

- O'zgarmas tok hosil qilish chegarasi: 1 dan 500 A gacha;
- O'zgarmas kuchlanish hosil qilish chegarasi: 200 V – 1000 V;
- O'zgaruvchan tok hosil qilish chegarasi: 0 A dan 32 A gacha;

O'zgaruvchan kuchlanish hosil qilish chegarasi: 200 V – 480 V;

Aniqlik sinfi: ±0,05 % dan 0,05 % gacha.

**ETVZQ larni metrologik qiyoslashni o'tkazuvchi qiyoslovchiga quyidagi talablar qo'yiladi:**

- Qiyoslashni o'lchash vositalarini qiyoslash sohasida amaliy tajribaga ega, belgilangan tartibda attestatsiyadan o'tgan va davlat qiyoslovchisi nomiga ega bo'lgan shaxslar bajaradi;
- Qiyoslovchi ushbu turdagi o'lchash vositasi bilan ishlash amaliy ko'nikmalariga ega bo'lishi va foydalanish hujjatlarining talablarini bilishi lozim;
- Qiyoslash xavfsizlik texnikasi bo'yicha texnik o'qish o'tgan va 1000 V gacha kuchlanishdagi elektr uskunalar bilan ishlash huquqiga ega bo'lgan malaka guruhiga ega qiyoslovchi tomonidan amalga oshiriladi;
- Elektr ta'minoti liniyalari va aloqa liniyalarining barcha ajratilgan ulanishlari yaxshi ishlashi lozim;
- Qiyoslovchi korxonada amaldagi yong'in xavfsizligi qoidalariga rioya qilishi shart.



1-rasm. ETV zaryadlash qurilmalarni metrologik qiyoslash (tekshirish) jarayoni ko'rinishi

**O'lchash vositasini qiyoslashda quyidagi ehtiyotkorlik choralariga amal qilinadi:**

- Qiyoslashdan oldin qiyoslanayotgan o'lchash vositasi va qiyoslash vositasi himoyalovchi yerlashtirish (zazemlenie) shinasiga ulanadi;
- O'lchash vositasi xonadan tashqarida bo'lganidan keyin, uni yoqishdan oldin, zaryadlash qurilmasi bir soat davomida xona haroratida saqlanishi kerak;
- Ishlashida davomiy uzilishlar bo'lgan o'lchash vositasini o'chirish tavsiya etiladi.

**Qiyoslashdan oldin:**

ETVZQ larni metrologik qiyoslashdan oldin qiyoslash o'lchash vositalari ishlab chiqaruvchi yo'riqnomalariga muvofiq tayyorlanishi zarur.

**Qiyoslash sharoitlari:**

- Atrof-muhit harorati: 10 °C – 40 °C;
- Havoni nisbiy namligi: 90 % gacha;
- Atmosfera bosimi: 63 kPa – 106 kPa;
- Ruxsat etilgan chiqish kuchlanishining og'ishi: ±0,5 %.

Yuqoridagi sharoitlar yaratilgandan so'ng ETVZQ larni metrologik qiyoslashga ruxsat beriladi.

**Birinchi navbatda ETVZQ lar tashqi ko'rikdan o'tkaziladi.**

- Zaryadlash qurilmasi tashqi ko'rik vaqtida quyidagi parametrlar bo'yicha tekshiriladi:
- Yozuvlari aniq ko'rinadigan tugallangan logotip mavjudligi;
- Aniq zarar yoki shikastlanishlar yo'qligi;
- Ruxsatsiz shaxslar tomonidan ma'lumotlarni kiritish yoki tranzaktsiyalarni amalga oshirishning oldi olinganligi;
- Ko'rsatilgan raqamlar soni talabga javob berishi;
- Asosiy funksiyalar me'yorida ishlashi.

**Tugallangan logotip**, ya'ni o'lchash vositasining pasportida quyidagi ma'lumotlar bo'lishi kerak:

- O'lchash vositasining nomlanishi va turi;
- Ishlab chiqaruvchining nomi.
- Qaysi standart asosida ishlab chiqarilganligi;
- Ishlab chiqarilgan yili va seriya raqami;
- Maksimal va minimal tok va kuchlanish;
- Aniqlik sinfi;
- O'lchov birligi (zaryadlash qurilmasi ekranida ko'rsatilishi mumkin).

**Sinov chiqish interfeysining texnik ko'rsatkichi** va zaryadlash qurilmasi bilan interfeys aloqasi ishlab chiqarilgan standarti talablariga muvofiq bo'lishi kerak.

**Izolyatsiya qarshiligi o'lchovi:**

Zaryadlash qurilmasining tok o'tkazuvchi qismi bilan tok o'tkazmaydigan qismi orasidagi bog'liqlik va har bir tok o'tkazishdan holi bo'lgan qismi bilan yerga (metal korpus) jadvalga muvofiq o'zgarmas tok kuchlanishi berib izolyatsiya qarshiligi o'lchanganda, u **10 MΩ dan kichik bo'lmasligi** kerak.

*1-jadval*

**Izolyatsiya qarshiligini tekshirishda sinov kuchlanishi**

| U1 | O'lchash vositasini sinov kuchlanishi (V) |
|---|---|
| 60 V<U1⩽300 V | 500 |
| 300 V<U1⩽700 V | 1000 |
| 700 V<U1⩽950 V | 1000 |

Zaryadlash qurilmasining izolyatsiya qarshiligi tekshirish vaqtida sinov kuchlanishi ulanmagan tok liniyalariga berilib keyin ko'rsatkichi muvozanatlashgandagi izolyatsiya qarshiligining qiymati qayd qilinadi.

*Uchinchi* o'lchash xatoligini aniqlash

Zaryadlash qurilmasi ishchi o'lchash xatoligini aniqlash maqsadida namunaviy o'lchash vositasi O'zMSt 585:2025 O'zbekiston Respublikasining o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi. Elektromobillarni zaryadlash qurilmalari. Qiyoslash uslubiyatida foydalaniladigan namunaviy o'lchash vositalariga qo'yiladigan barcha talablar ko'rsatib o'tilgan (zaryadlash qurilmasi o'lchagichi) va tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasining o'zgarmas tok energiya qiymatlari solishtiriladi.

Standart jadval usulida zaryadlash qurilmasini kalibrlash

Namunaviy standart elektr energiya hisoblagichi va tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasi uzluksiz ishlaganda, zaryadlash qurilmasi va namunaviy elektr energiya hisoblagichi ko'rsatgichini boshqarish uchun tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasiga past chastotali yoki yuqori chastotali impuls beriladi.

Tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasi o'lchash xatoligi $\gamma$ (%) quyidagi formula orqali topiladi.

$$\gamma = \frac{m_0 - m}{m} * 100$$

$m_0$ – hisoblangan (yoki berilgan) impulslar soni quyidagi formula orqali hisoblanadi; $m$ – o'lchangan impulslar soni;

$$m_0 = \frac{C_0 N}{C_L}$$

$C_0$ – meyoriy jadvaldagi o'zgarmas kattalik, imp/kWh; $N$ – tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasining past yoki yuqori chastotali impulslari soni; $C_L$ – tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasi doimiysi imp/kWh.

Zaryadlash qurilmasining energiya o'lchash xatoligini hisoblash.

Zaryadlash qurilmalari o'lchagichi va tekshirilayotgan zaryadlash uskunasi tok oqimi zanjiri ketma-ket, kuchlanish zanjiri parallel ulanadi va ma'lum bir aniq vaqt oralig'ida eng kata yuklama bilan ishlashiga ruxsat bering. Zaryadlash tugagandan so'ng zaryadlash qurilmasining energiya o'lchash xatoligini quyidagi formula orqali hisoblanadi $\gamma$(%).

$$\gamma = \frac{E^{\bullet} - E}{E} * 100 + \gamma_0$$

Bunda:

$E$' – tekshirilgan zaryadlovchi qurilma zaryadlashni to'xtatganda va u ishga tushganda elektr energiyasini ko'rsatishi o'rtasidagi farq, kWh; $E$ – namunaviy elektr energiyasi hisoblagichi o'lchagan elektr energiyasi qiymati, kWh; $\gamma_0$ – kalibrlash qurilmasining muayyan sistematik xatoligi, tuzatma (korreksiya) talab etilmaganda $\gamma_0$=0.

Namunaviy elektr energiya hisoblagichi tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasi bilan sinxron ishlashi kerak. Tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasining malumotlar oynasidagi elektr energiya miqdori va umumiy berilgan elektr energiyasi E' nisbati (%) 1/10 dan oshmasligi kerak.

*To'rtinchi* to'lov xatoligini aniqlash.

To'lanishi kerak bo'lgan miqdor zaryadlovchi tomonidan uzatilgan elektr energiyasining vaqtga asoslangan miqdorini tegishli tarif birligi narxiga va zaryadlovchi tomonidan ko'rsatilgan miqdorga ko'paytirish yo'li bilan hisoblanadi.

To'lov qiymatini hisoblash formulasi

$$A = \sum_{i=1}^{n} K_i \Delta W_{xi}$$

Bunda:

$A$ – to'lov qiymati, so'm; $K_j$ – tarif birligi narxi, so'm/kWh; $n$ – pul tikish soni; $i$ – tarif seriya raqami; $\Delta W_{xi}$ – ma'lum bir zaryadlash tarifdagi elektr energiyasi kWh.

To'lov xatoligini hisoblash formulasi.

$$E_p = \left| Y_j - A \right|$$

Bunda:

$E_p$ – To'lov qiymati xatoligi, so'm; $Y_j$ – Zaryadlash qurilmasida ko'rsatilgan to'lov qiymati, so'm.

*Beshinchi* vaqt o'lchagichi xatoligini aniqlash.

Zaryadlash qurilmasi va namunaviy vaqt o'lchagichi vaqt kattaligini bir vaqtda qayd qilib boradi, zaryadlash qurilmasini vaqt o'lchagichi xatoligi quyidagi formula orqali topiladi

$$\Delta T = \left| T' - T \right|$$

$T$' – tekshirilayotgan zaryadlash qurilmasining vaqt o'lchagichining ko'rsatgichi, s; $T$ – Namunaviy vaqt o'lchagichining ko'rsatgichi, s.

## Xulosa

ETVZQ larini qiyoslash ishlarini bajarish tartibi yuqoridagi ma'lumotlarda batafsil ko'rsatib o'tilgan. Barcha ma'lumotlarni umumlashtirib ETVZQ lari o'lchayotgan istemol zaryad elektr energiyasi miqdori to'g'ri o'lchanayotgani ya'ni bu ETVZQ larni ishlashini tartibga solish hamda davlat resurslari, tadbirkorlar va istemolchilar huquqlarini himoya qilish maqsadida ETVZQ larni birlamchi va davriy qiyoslash ishlarini joriy qilish ko'zda tutilgan.

## Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. O'zMSt 585:2025 O'zbekiston Respublikasining o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi. Elektromobillarni zaryadlash qurilmalari. Qiyoslash uslubiyati

2. *В.Ф. Яковлев.* Современные Зарядные И Пусковые Устройства Для Автомобилей Учебное ПОСОБИЕ Издание второе, стереотипное;

3. Разработка зарядной станции для электромобилей и исследование режимов ее работы.




# METROLOGIK TA'MINOT – BU SIFAT GAROVI

***Turayev Shavkat Abduqayumovich,*** t.f.n., dots.

***Yo'ldoshev Ilhom Murodilla o'g'li,*** O'zbekiston Milliliy metrologiya instituti mutaxassisi (mustaqil izlanuvchi)

**Annotatsiya.** *Ishlab chiqarishda metrologik ta'minotning maqsadi mahsulotning yaratilishi va foydalanish davrining hamma bosqichlarida sifatni va bozor munosabatlari sharoitida uning raqobatbardoshlik qobiliyatini oshirishdan iborat. Ishlab chiqarishda metrologik ta'minot darajasi mahsulotning sifat ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir etadi, bu ta'sir samaradorligini oshirish maqsadida metrologik ta'minot masalalariga alohida e'tibor qaratiladi.*

**Kalit so'zlar:** *metrologiya, standart, mahsulot, sifat, me'yoriy hujjat, sertifikat, bozor, texnika, texnologiya, o'lchash, sinov, o'lchash vositasi.*

**Аннотация.** *Цель метрологического обеспечения производства заключается в обеспечении высокого качества продукции и повышении её конкурентоспособности в условиях рыночной экономики на всех этапах её создания и эксплуатации. Уровень метрологического обеспечения оказывает непосредственное влияние на показатели качества продукции, в связи с чем вопросам его совершенствования и повышению эффективности уделяется особое внимание.*

**Ключевые слова:** *метрология, стандарт, продукция, качество, нормативный документ, сертификат, рынок, техника, технология, измерение, испытание, средство измерений.*

**Abstract.** *The purpose of metrological support in production is to ensure high product quality and enhance its competitiveness in a market-based economy at all stages of its creation and operation. The level of metrological support has a direct impact on product quality indicators; therefore, special attention is given to improving and increasing the effectiveness of metrological support.*

**Keywords:** *metrology, standard, product, quality, regulatory document, certificate, market, engineering, technology, measurement, testing, measuring instrument.*

Metrologiyaning rivojlanish bu o'lchashlar haqidagi fanning tarixi minglab yillarni tashkil etadi. Rivojlanish davri uning mazmuni va mohiyatiga asoslangan holda quyidagi bosqichlarga bo'lish mumkin, ya'ni antik rivojlanish davri, stixiyali rivojlanish davri, metrik tizimning joriy etilishi, metrologiya xizmatlarining integratsiyalashish davri, O'zbekistonning mustaqillik davridagi rivojlanishi bosqichlaridan iborat.

Antik rivojlanish davri: O'lchashlarga bo'lgan ehtiyoj qadim zamonlarda yuzaga kelgan. O'lchash atamasining tom ma'nosi bo'yicha tahlil etadigan bo'lsak, qadimgi davrda insoniyat asosan organoleptik o'lchashlar, ya'ni o'zining his etish a'zolari orqali u yoki bu fizikaviy xossasi bo'yicha taxminiy ma'lumotlar olgan. Bunda mana shu his etish organlari o'lchash vositasi vazifalarini bajargan. Bu kabi o'lchashlarda aniq bir qiymat olinmasa ham, har bir o'lchashda, aniqrog'i baholashda muayyan bir o'lchovga nisbatan solishtirish amalga oshirilgan. Dastlab, solishtirish o'lchovi moddiy bo'lmagan, balki insonning o'z tajribasi, zakovati va atrof-muhitni bilish darajasiga qarab individual tarzda belgilangan. Inson kundalik hayotida har xil kattaliklarni, masofalarni, yer maydonlarining yuzalarini, jismlarning o'lchamlari va massalarini, vaqtni, o'tish jarayonlarining yuzaga kelish sabablarini, manbalarini bilmasdan, o'zining sezgisi va tajribasi asosida o'lchay boshlagan.

Ishlab chiqarishda metrologik ta'minotning asosiy maqsadi mahsulotning yaratilishi va foydalanish davrining hamma bosqichlarida sifatni va bozor munosabatlari sharoitlarida uning raqobatbardoshlik qobiliyatini oshirish, agregatlar, qismlar, detallarning o'zaro almashinuvchanligini ta'minlash, o'lchash natijalarining kerakli aniqligi, obyektivligi va ishonchliligini ta'minlash asosida ilmiy-tadqiqot va tajribaviy loyihalash ishlari hamda sinovlar unumini oshirish, savdo-sotiq va aholiga maishiy xizmat ko'rsatish bilan bog'liq o'lchov ishlarini bajarish, sog'liqni saqlash, mehnat va atrof-muhitni muhofaza qilish masalalarini hal qilishdan iborat bo'lgan.

Ishlab chiqarishda metrologik ta'minot darajasi mahsulotning sifat ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir etadi, bu ta'sir samaradorligini oshirish maqsadida metrologik ta'minot masalalariga alohida ahamiyat beriladi. Metrologiyada belgilangan huquqiy tartib, yuridik va jismoniy shaxslarning huquqlari va manfaatlarini o'lchash natijalarining ishonchli bo'lmaganligi tufayli salbiy oqibatlardan himoya qilishi, o'lchash vositalarini ishlab chiqarish, ta'mirlash, sotish va ijaraga berish masalalari bo'yicha davlat boshqaruv idoralari va xo'jalik subyektlari orasidagi munosabatlarni yo'lga qo'yishi, O'zbekiston Respublikasining xalq xo'jaligining barcha sohalarida o'lchashlar birligiga va talab etilgan aniqlikka erishishni ta'minlash asoslari va sharoitlarini yaratishi, o'lchashlar birligini ta'minlash milliy tizimining qoidalari va tadbirlarini, xalqaro hamkorlikda texnik to'siqlarni bartaraf etish maqsadida xalqaro tashkilotlar va boshqa davlatlarning shunga o'xshash tizimlari tavsiyalari bilan uyg'unlashtirishi, metrologiya faoliyati sohasida xalqaro va mintaqaviy miqyosda hamkorlikni ta'minlashi, o'lchashlar,

qiyoslash, kalibrlash, sinash, sertifikatlashtirish va metrologik idoralar hamda xizmatlarni akkreditlash natijalarini o'zaro tan olish to'g'risidagi davlatlararo bitimlarni bajarish uchun sharoitlarni yaratishi, xo'jalik subyektlari darajasida agentlik talablari, sifat tizimlari hamda korxonalar va tashkilotlarda amal qilayotgan boshqa tizimlarning talablari va qoidalari bilan uyg'unlashtirish muhim hisoblanadi.

Ishlab chiqarishda metrologik xizmat bo'yicha, ya'ni Xalqaro birliklar tizimini joriy etish va unga rioya qilish asosida va texnik jihatdan tartibga solish agentligining metrologik me'yorlari, qoidalari va tadbirlarini, o'lchashlar birligini ta'minlash, standartlashtirish, sertifikatlashtirish va akkreditlashtirish bo'yicha xalqaro tashkilotlar va milliy tizimlar tavsiyanomalari bilan uyg'unlashtirish asosida O'zbekiston Respublikasining davlatlararo munosabatlarini rivojlantirishga ko'maklashishi, o'lchashlar birligini ta'minlash, talab etilgan aniqligiga erishish, ishonchliligini ta'minlanishi hamda o'lchash uslublarini, o'lchash vositalarini, unumdorligi va ishonchliligini oshirishni mukammallashtirish asosida ilmiy va texnikaviy unumdorligini oshirish, milliy iqtisodni rivojlantirishda qatnashishi, bozor munosabati sharoitlarida o'lchashlarni maqbul bo'lgan tartibda tashkil etish va mahsulot yaratishning barcha bosqichlarida metrologik ta'minotni ta'minlash asosida mahsulot sifati va raqobatbardoshligini oshirish, jamoat manfaatlarining barcha sohalarida amalga oshirish, shu jumladan savdo, sog'liqni saqlash, mehnat xavfsizligini, mahsulot va texnologiyalarni, atrof-muhitni muhofaza qilishni hisobga olgan hollarda o'lchash natijalarining kerakli ishonchlilik bilan o'rnatish va ta'minlashning yuridik va huquqiy asoslarini yaratishi muhim hisoblanadi.

Ishlab chiqarish korxonalarida metrologik ta'minotning maqsadlari va vazifalarini amalga oshirish turli sohalarda va mulk shaklidagi barcha darajadagi xo'jalik subyektlarini hisobga olgan holda mamlakatni xalq xo'jaligi majmuasini metrologik ta'minlash yo'li bilan bajarilishini amalga oshirish muhim hisoblanadi. Shuningdek kattalik birliklarining davlat etalonlarini va yuqori aniqlikdagi o'lchash vositalarini yaratilishini mukammallashtirishi, kattalik birliklarining o'lchamlarini etalonlardan barcha o'lchash vositalarga uzatishning me'yorlarini va qoidalarini belgilash maqsadida ilmiy tadqiqotlarni tashkil etish va o'tkazishi mahsulotlar ishlab chiqarishda muhim o'rin tutadi.

Ishlab chiqarish korxonalarida metrologik ta'minotda o'lchashlar birligini ta'minlashning asosiy nizomlari, qoidalari, talablari va me'yorlarini standartlashtirish, huquqiy, me'yoriy va uslubiy asosini yaratish va saqlab turishi, korxonaning ishonchsiz o'lchashlarning salbiy oqibatidan himoya qilishni ta'minlash uchun metrologik me'yorlar va qoidalarni ishlab chiqishi va tasdiqlanishi, fan, ma'lumot va axborotlardan hamda metrologik idoralardan, texnikaviy, mehnat va moddiy-moliyaviy manbalardan tashkil topgan metrologik infratuzilmasini tuzish va boshqarishdan iborat bo'ladi.

Ishlab chiqarish korxonalarida metrologiya bo'yicha hudud va tarmoqlararo koordinatsiyalash faoliyatini, metrologik qoidalarini belgilash, tasdiqlash, saqlash va o'lchov birliklarining etalonlarini qo'llanilishini, o'lchash vositalari, uslublar va o'lchash natijalariga umumiy metrologik shartlarni aniqlash lozim.

Ishlab chiqarishda metrologik nazoratni amalga oshirish, xizmat ko'rsatish idoralari bilan birgalikda metrologiya masalalari bo'yicha me'yoriy hujjatlarni qabul qilishni yo'lga qo'yish zarur bo'ladi. Metrologiya bo'yicha ilmiy va muhandis-texnik kadrlarning malakasini oshirish, o'lchashlar birligini ta'minlash bo'yicha muvofiqlashtirish ishlarini, O'zbekiston Respublikasining milliy standartlari bo'yicha davlat metrologik tekshiruv va nazoratini korxonalarda amalga oshirish muhim. O'lchash informatsiyasiga nafaqat miqdor bo'yicha talablar, balki sifat bo'yicha ham talablar qo'yiladi. O'lchashning aniqligi, ishonchliligi, samaradorligi kabi tavsiflardan iborat bo'ladi.

Bu sifat tavsiflarining barchasining asosida metrologik ta'minot yotadi. Metrologik ta'minot o'lchashlar birligini ta'minlash va talab etilgan aniqlikka erishish uchun zarur bo'lgan texnikaviy vositalar, tartib va qoidalarning, me'yorlarning, ilmiy va tashkiliy asoslarning belgilanishi va tadbiq etilishi bilan ta'riflash mumkin. Tavsifdan kelib chiqib aytish joizki, o'lchash vositalarining ishga yaroqliligini tashkil etish, ta'minlash va tadbiq etish, o'lchashlarni amalga oshirish, uning natijalarini qayta ishlash va tavsiya etish borasidagi me'yoriy hujjatlarni ishlab chiqish va tadbiq etish, hujjatlarni ekspertizadan o'tkazish, o'lchash vositalarining davlat sinovlarini amalga oshirish, o'lchash vositalari va uslublarining metrologik attestatsiyasidan o'tkazish metrologik ta'minotning vazifasiga misol bo'la oladi.

Metrologik ta'minotning to'rtta tashkil etuvchisi mavjud. Birinchi — "ilmiy asosi", metrologiya o'lchashlar haqidagi fan. Ikkinchi — "texnikaviy asoslari", kattaliklar birligining davlat etalonlari, kattaliklar birligini etalonlardan ishchi vositalarga uzatish, o'lchash vositalarini yaratish va ishlab chiqishni yo'lga qo'yish, o'lchash vositalarining majburiy davlat sinovlari va ularni bajarish uslublarining metrologik attestatsiyasi, o'lchash vositalarini ishlab chiqishda, ta'mirlashda va ishlatishda majburiy davlat qiyoslashidan o'tkazish, modda va materiallarning tarkibi va xossalari bo'yicha standart namunalarni yaratish, standart ma'lumotnomalar, mahsulotning majburiy davlat sinovlari. Uchinchi — "tashkiliy asosi", davlat va mahkamalardagi metrologik xizmatlardan tashkil topgan O'zbekiston Respublikasi metrologiya xizmati. To'rtinchi — "me'yoriy-qonuniy asoslari", tegishli Respublika qonunlari, davlat standartlari, davlat va tarmoqlarning me'yoriy hujjatlaridan iborat.

Metrologik ta'minot bu mahsulot sifatini, ishlab chiqarish va uni avtomatlashtirishning samaradorligini oshirish, detallar va agregatlarning o'zaro almashinuvchanligini ta'minlash, moddiy boyliklarning va energetik resurslarning hisobini olib borish ishonchliligini ta'minlash, atrof-muhitni himoya qilish, salomatlikni saqlashdan iborat. Metrologik ta'minot darajasi mahsulotning sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Bu ta'sir samaradorligini yanada oshirish maqsadida metrologik profilaktika ishlariga va ishlab chiqarishni tayyorlashdagi metrologik ta'minot masalalariga alohida ahamiyat beriladi. Bu esa o'z vaqtida Respublikamizda bozor munosabatlarining yanada chuqurroq shakllanishiga va ishlab chiqarilgan mahsulotlarning eksport imkoniyatini oshirilishiga munosib zamin yaratadi.

### *Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati*

1. O'zbekiston Respublikasining «Metrologiya to'g'risida»gi Qonuni. https://lex.uz/docs/-99877

2. *Ismatullaev P.R., Matyakubova P.M., Turaev Sh.A.* Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish. Darslik. Toshkent: Lessonpress, 2019.




O'ZBEKISTON MILLIY METROLOGIYA INSTITUTI

# ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД В ЛАБОРАТОРИИ: РОЛЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ В РАМКАХ ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015

***Махмудов Хикмат Махаматович***, DSc, Доцент, Ташкентский государственный технический университет

***Мажитова Айнура Камил-кизи***, Магистрант кафедры «Метрология, техническое регулирование, стандартизация и сертификация», Ташкентский государственный технический университет

**Аннотация.** *В статье рассматриваются теоретические основы и практическая значимость процессного подхода в современной лабораторной деятельности. Процессный подход представлен как эффективный инструмент повышения прозрачности, управляемости и достоверности лабораторных результатов. Особое внимание уделено требованиям международных стандартов ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015, в которых лабораторная деятельность трактуется как система взаимосвязанных процессов. Проанализированы этапы идентификации, описания, контроля и оценки процессов, а также их интеграция с риск-ориентированным мышлением и циклом PDCA. Показано, что внедрение процессного подхода способствует снижению ошибок, оптимизации ресурсов, повышению удовлетворённости заказчиков и укреплению доверия к лабораторным испытаниям.*

**Ключевые слова:** *процессный подход, лаборатория, ISO/IEC 17025:2019, ISO 9001:2015, PDCA, управление качеством, риск-ориентированное мышление.*

**Annotatsiya.** *Maqolada zamonaviy laboratoriya faoliyatida jarayonli yondashuvning nazariy asoslari va amaliy ahamiyati ko'rib chiqiladi. Jarayonli yondashuv laboratoriya natijalarining shaffofligi, boshqaruvchanligi va ishonchliligini oshirishning samarali vositasi sifatida taqdim etilgan. ISO/IEC 17025:2019 va ISO 9001:2015 xalqaro standartlari talablariga alohida e'tibor qaratilgan bo'lib, ularda laboratoriya faoliyati o'zaro bog'liq jarayonlar tizimi sifatida talqin etiladi.*

*Jarayonlarni aniqlash, tavsiflash, nazorat qilish va baholash bosqichlari, shuningdek ularning riskka yo'naltirilgan fikrlash va PDCA sikli bilan integratsiyasi tahlil qilingan. Jarayonli yondashuvni joriy etish xatolarni kamaytirish, resurslarni optimallashtirish, buyurtmachilar qoniqishini oshirish va laboratoriya sinovlariga bo'lgan ishonchni mustahkamlashga xizmat qilishi ko'rsatilgan.*

**Kalit so'zlar:** *jarayonli yondashuv, laboratoriya, ISO/IEC 17025:2019, ISO 9001:2015, PDCA, sifatni boshqarish, xavfga yo'naltirilgan fikrlash.*

**Abstract.** *The article examines the theoretical foundations and practical significance of the process approach in modern laboratory activities. The process approach is presented as an effective tool for increasing the transparency, manageability, and reliability of laboratory results. Particular attention is paid to the requirements of the international standards ISO/IEC 17025:2019 and ISO 9001:2015, in which laboratory activity is interpreted as a system of interrelated processes.*

*The stages of process identification, description, control, and evaluation, as well as their integration with risk-based thinking and the PDCA cycle, are analyzed. It is shown that the implementation of the process approach helps reduce errors, optimize resources, increase customer satisfaction, and strengthen confidence in laboratory testing.*

**Keywords:** *process approach, laboratory, ISO/IEC 17025:2019, ISO 9001:2015, PDCA, quality management, risk-based thinking.*

## *Введение*

В современных условиях лабораторная деятельность играет ключевую роль в обеспечении качества и безопасности продукции, развитии промышленности, здравоохранения, экологического мониторинга и научных исследований. Испытательные и калибровочные лаборатории становятся важнейшими элементами инфраструктуры технического регулирования, поскольку именно они формируют достоверную измерительную информацию, необходимую для принятия решений.

Рост требований со стороны регулирующих органов, производителей и потребителей обусловливает необходимость получения результатов измерений, обладающих высокой точностью, прослеживаемостью и воспроизводимостью. При этом лабораторные процессы становятся всё более сложными, многоэтапными и ресурсозатратными, включая рассмотрение запросов заказчиков, отбор и идентификацию образцов, проведение испытаний, управление оборудованием, оформление технической документации, оценку неопределенности измерений и подготовку отчетов.

В таких условиях лаборатория не может эффективно функционировать как совокупность отдельных подразделений или изолированных операций. Требуется системный подход к управлению деятельностью, обеспечивающий согласованность всех этапов работы, минимизацию ошибок и постоянное улучшение.

Одним из наиболее признанных инструментов организации системы менеджмента качества является процессный подход, который рассматривается как фундаментальный принцип международных стандартов ISO 9001:2015 и ISO/IEC 17025:2019.

Процессный подход предполагает управление лабораторной деятельностью как сетью взаимосвязанных процессов, где каждый процесс имеет четко определённые входы, выходы, ресурсы, ответственность персонала и показатели результативности. Такая модель позволяет обеспечить прозрачность выполнения работ, повысить управляемость лабораторных операций и укрепить доверие к результатам испытаний и калибровок.

Особое значение процессный подход приобретает в рамках стандарта ISO/IEC 17025:2019, который устанавливает требования к компетентности лабораторий и ориентирует их на обеспечение технической достоверности результатов. Стандарт акцентирует внимание на таких аспектах, как контроль процессов, оценка рисков, управление несоответствующей работой, прослеживаемость измерений и надежность отчетности.

Дополнительно, внедрение процессного подхода тесно связано с концепцией риск-ориентированного мышления и циклом PDCA (Plan–Do–Check–Act), что обеспечивает не только выполнение требований аккредитации, но и устойчивое развитие лаборатории в условиях постоянных изменений внешней среды.

Таким образом, процессный подход рассматривается не просто как формальное требование стандартов, а как стратегический механизм повышения эффективности лабораторной деятельности, оптимизации использования ресурсов, улучшения взаимодействия персонала и обеспечения стабильного качества результатов.

Целью данной статьи является анализ роли и практической значимости процессного подхода в лабораторной деятельности, а также обоснование его влияния на повышение точности, надежности и эффективности лабораторных испытаний в соответствии с требованиями ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015.

Актуальность исследования обусловлена тем, что современные испытательные и калибровочные лаборатории функционируют в условиях ужесточения требований к достоверности, прослеживаемости и воспроизводимости результатов измерений. Внедрение процессного подхода в соответствии с ISO/IEC 17025:2019 становится необходимым инструментом повышения эффективности лабораторной деятельности и обеспечения устойчивого качества испытаний.

Научная новизна работы заключается в систематизации процессных требований пункта 7 стандарта ISO/IEC 17025:2019 в виде единой управляемой модели, интегрированной с принципами риск-ориентированного мышления и циклом PDCA. Предложенный подход позволяет рассматривать лабораторную деятельность как сеть взаимосвязанных процессов с четко определёнными входами, выходами и механизмами контроля. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения разработанной процессной схемы для оптимизации работы лабораторий, снижения вероятности несоответствий и повышения доверия к результатам испытаний.

Материалы и методы исследования. В рамках данного исследования использован комплексный методологический подход, основанный на анализе международных стандартов менеджмента качества и лабораторной компетентности. Основными материалами исследования послужили нормативные документы ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015, регламентирующие процессные требования, управление рисками и принципы постоянного улучшения в испытательных и калибровочных лабораториях.

Методическая основа работы включает сравнительный анализ процессных требований пункта 7 стандарта ISO/IEC 17025:2019, а также систематизацию ключевых лабораторных процессов в виде управляемой процессной модели. Для выявления взаимосвязей между этапами лабораторной деятельности применялись методы процессного моделирования, позволяющие определить структуру процессов, их входы, выходы, ответственных исполнителей и контрольные показатели.

Дополнительно в исследовании использованы элементы риск-ориентированного мышления и цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act) как инструменты управления устойчивостью процессов и предупреждения несоответствующей работы. На основе полученных результатов разработаны алгоритмические схемы, отражающие последовательность лабораторных операций, механизмы обратной связи через процессы рассмотрения жалоб и управления несоответствиями.

Таким образом, применённые методы позволили обосновать практическую значимость процессного подхода как эффективного механизма повышения достоверности, прозрачности и результативности лабораторной деятельности в соответствии с международными требованиями аккредитации.

## *Сущность процессного подхода*

Процессный подход является одной из ключевых концепций современного менеджмента качества и представляет собой системный способ организации деятельности любое предприятия, включая испыта-




*Рис. 1.* Алгоритм управления лабораторными процессами в соответствии с ISO/IEC 17025:2019 (п.7)

тельные и калибровочные лаборатории. Его основная идея заключается в том, что деятельность организации следует рассматривать не как набор разрозненных функций или отдельных операций, а как совокупность взаимосвязанных процессов, направленных на достижение запланированного результата и создание ценности для потребителя.

Согласно международным стандартам серии ISO, процесс определяется как совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входные ресурсы в выходные результаты. В лабораторной практике входами могут выступать заявки заказчиков, образцы для испытаний, нормативные требования, методики измерений, оборудование и компетентность персонала. Выходами же являются достоверные результаты испытаний, оформленные технические записи, заключения о соответствии и официальные отчёты, предоставляемые заинтересованным сторонам.

Особенность процессного подхода заключается в том, что он позволяет установить логическую последовательность лабораторных операций и обеспечить управление их взаимодействием. Каждый процесс в лаборатории должен быть чётко идентифицирован и описан, включая определение его цели, границ, ответственных исполнителей, используемых ресурсов и критериев эффективности. Такой подход способствует формированию прозрачной структуры управления, в которой становится возможным объективное измерение результативности работы лаборатории и своевременное выявление отклонений.

Важно отметить, что процессы в лаборатории не существуют изолированно: выход одного процесса зачастую является входом для следующего. Например, корректное рассмотрение контракта и требований заказчика напрямую влияет на выбор методики испытаний, а правильное обращение с образцами определяет достоверность последующих измерений. Таким образом, управление лабораторной деятельностью требует понимания всей цепочки процессов как единой системы, где нарушение на одном этапе может привести к искажению конечного результата.

Процессный подход также предполагает постоянный контроль и улучшение лабораторных процессов. Это достигается путём внедрения механизмов мониторинга, оценки рисков, анализа данных и применения корректирующих действий. В результате лаборатория получает возможность не только выполнять испытания в соответствии с установленными требованиями, но и непрерывно совершенствовать свою деятельность, снижая вероятность ошибок и повышая стабильность результатов.

Кроме того, применение процессного подхода обеспечивает более рациональное использование ресурсов, оптимизацию распределения обязанностей персонала и повышение производительности. Для заказчиков это выражается в повышении доверия к лабораторным данным, сокращении сроков выполнения работ и улучшении качества предоставляемых услуг.

Таким образом, сущность процессного подхода в лабораторной деятельности заключается в системном управлении всеми этапами работы как взаимосвязанной сетью процессов, обеспечивающей прозрачность, прослеживаемость, устойчивость и соответствие требованиям международных стандартов качества и компетентности.

Данный алгоритм (рис. 1) наглядно отражает последовательность ключевых процессных требований стандарта ISO/IEC 17025:2019, начиная с рассмотрения запросов и контрактов заказчика (п.7.1) и заканчивая авторизацией и выдачей отчёта о результатах испытаний (п.7.8). Схема демонстрирует, что лабораторная де-




*Рис. 2.* Процессная модель лабораторной деятельности по ISO/IEC

ятельность представляет собой управляемую цепочку взаимосвязанных этапов, включающую выбор и валидацию методов (п.7.2), отбор и обращение с образцами (пп.7.3–7.4), ведение технических записей (п.7.5) и оценку неопределенности измерений (п.7.6).

Особое внимание уделено механизмам принятия решений при выявлении несоответствующей работы (п.7.10) и необходимости корректирующих действий. Таким образом, алгоритм подчёркивает важность процессного контроля, прослеживаемости и постоянного улучшения лабораторных операций в рамках системы менеджмента качества.

На рисунке 2 представлена процессная модель лабораторной деятельности, построенная в соответствии с требованиями ISO/IEC 17025:2019, где лаборатория рассматривается как система взаимосвязанных процессов, обеспечивающих преобразование входных данных (запросов и образцов) в достоверные выходные результаты.

Центральным элементом модели является интеграция риск-ориентированного мышления и цикла PDCA (Plan–Do–Check–Act), что соответствует современным принципам управления качеством ISO 9001:2015. Показано, что каждый лабораторный процесс должен планироваться с учетом рисков, выполняться в управляемых условиях, контролироваться посредством мониторинга показателей и улучшаться на основе анализа данных.

Дополнительно схема отражает роль процессов рассмотрения жалоб (п.7.9) и управления несоответствующей работой (п.7.10), которые обеспечивают обратную связь и устойчивость системы менеджмента качества. Таким образом, представленная модель подтверждает, что процессный подход является стратегическим инструментом повышения надежности, прозрачности и эффективности лабораторной деятельности.

Реализация процессного подхода в лаборатории невозможна без применения риск-ориентированного мышления и цикла PDCA (Plan–Do–Check–Act), которые являются основой современных систем менеджмента качества. Риски, способные повлиять на достоверность результатов испытаний, должны учитываться на всех этапах лабораторной деятельности — от планирования работ до анализа полученных данных. Цикл PDCA обеспечивает непрерывное совершенствование процессов за счёт планирования целей и ресурсов, выполнения испытаний в управляемых условиях, мониторинга показателей результативности и внедрения корректирующих действий. Интеграция данных механизмов повышает устойчивость лабораторной системы и обеспечивает соответствие требованиям ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015 (рис. 2).

### *Преимущества внедрения процессного подхода в лабораторной деятельности*

Внедрение процессного подхода в испытательных и калибровочных лабораториях обеспечивает существенное повышение результативности системы менеджмента качества и способствует достижению требований ISO/IEC 17025:2019. Рассмотрение лабораторной деятельности как совокупности взаимосвязанных процессов позволяет не только структурировать работу, но и обеспечить её управляемость на всех этапах — от поступления запроса заказчика до выдачи авторизованного отчёта.

Одним из ключевых преимуществ процессного подхода является повышение прозрачности и прослеживаемости лабораторных операций. Чёткое определение входов, выходов, ответственности персонала и критериев контроля снижает вероятность ошибок и способствует воспроизводимости результатов испытаний.

Кроме того, процессный подход обеспечивает оптимизацию использования ресурсов лаборатории, включая оборудование, время выполнения работ и квалификацию персонала. Управление процессами

на основе показателей эффективности позволяет выявлять узкие места, сокращать издержки и повышать производительность без снижения качества.

Особое значение имеет интеграция процессного подхода с риск-ориентированным мышлением и механизмами управления несоответствующей работой. Это позволяет лаборатории своевременно выявлять потенциальные отклонения, применять корректирующие действия и предотвращать повторение несоответствий, что напрямую влияет на достоверность результатов и доверие со стороны заказчиков и регулирующих органов.

Таким образом, применение процессного подхода способствует повышению удовлетворённости потребителей, укреплению конкурентоспособности лаборатории, обеспечению устойчивого функционирования и постоянному совершенствованию системы качества в соответствии с международными стандартами.

### *Обсуждение результатов*

Полученные результаты анализа подтверждают, что процессный подход является центральным элементом современных систем менеджмента качества лабораторий, функционирующих в соответствии с ISO/IEC 17025:2019. В отличие от традиционного функционального управления, при котором лабораторные операции рассматриваются как отдельные задачи, процессный подход обеспечивает целостное представление деятельности лаборатории как взаимосвязанной сети процессов. Это позволяет повысить управляемость всех этапов испытаний и обеспечить стабильность результатов.

Особое значение имеет то, что стандарт ISO/IEC 17025:2019 акцентирует внимание не только на технической компетентности лаборатории, но и на необходимости управления процессами, влияющими на достоверность измерений. Например, требования пункта 7.1 (рассмотрение запросов и контрактов) напрямую определяют корректность постановки задачи испытаний. Ошибки на данном этапе могут привести к выбору неподходящей методики или неверному определению условий испытаний, что снижает надежность итоговых результатов.

Аналогично, процессы обращения с объектами испытаний (п.7.4) и ведения технических записей (п.7.5) формируют основу прослеживаемости измерений. Отсутствие строгого контроля этих процессов может привести к потере идентификации образцов, нарушению условий хранения и, как следствие, к возникновению несоответствующей работы. Таким образом, процессный подход способствует снижению рисков и обеспечивает выполнение требований аккредитации.

Интеграция риск-ориентированного мышления и цикла PDCA, отражённая в разработанной процессной модели, соответствует принципам ISO 9001:2015 и усиливает устойчивость лабораторной системы менеджмента качества. Риск-ориентированный подход позволяет лаборатории заранее выявлять потенциальные отклонения, планировать корректирующие действия и предотвращать повторение несоответствий. Цикл PDCA обеспечивает непрерывное совершенствование процессов, что особенно важно в условиях постоянного обновления методик испытаний, роста требований заказчиков и усиления регуляторного контроля.

Следует отметить, что процессы рассмотрения жалоб (п.7.9) и управления несоответствующей работой (п.7.10) выполняют функцию обратной связи и являются важнейшими элементами улучшения. Их эффективная реализация позволяет не только устранять выявленные проблемы, но и повышать доверие заказчиков к лабораторным данным.

Таким образом, обсуждение результатов показывает, что внедрение процессного подхода в лабораториях является не формальным требованием стандартов, а практическим инструментом повышения достоверности, прозрачности и эффективности испытаний. Представленная модель процессов может быть использована лабораториями как основа для оптимизации деятельности, повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого соответствия международным стандартам ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015.

### *Заключение*

Процессный подход является одним из наиболее эффективных инструментов системного управления лабораторной деятельностью в рамках ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015. Его внедрение позволяет лаборатории функционировать как прозрачная и управляемая система, обеспечивающая стабильность результатов, снижение ошибок и постоянное совершенствование.

Интеграция процессного подхода с PDCA и риск-ориентированным мышлением повышает эффективность системы менеджмента качества и способствует укреплению конкурентоспособности лаборатории на международном уровне.

### *Список использованной литературы*

1. ISO/IEC 17025:2019. *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. ISO, Geneva, 2019.

2. ISO 9001:2015. *Quality management systems — Requirements*. ISO, Geneva, 2015.

3. ISO 31000:2018. *Risk management — Guidelines*. ISO, Geneva, 2018.

4. ILAC P10:2020. *Policy on Traceability of Measurement Results*. ILAC.

5. *Fonseca, L.M.* (2015). From quality gurus and TQM to ISO 9001:2015: A review of several quality paths. International Journal for Quality Research. 2015. 9(1) 167–180.

6. *Sampaio, P., Saraiva, P., Rodrigues, A.* (2009). ISO 9001 certification research.





# THEORETICAL FOUNDATIONS OF METROLOGICAL CONTROL FOR THERMOSTATS AND DRYING OVENS

***Matyakubova Parakhat Mayliyevna*,** Tashkent State Technical University, head of the department of metrology DSc, professor

***Gaibnazarov Boburjon Usmonjon og'li*,** Tashkent State Technical University, researcher

**Annotation.** *This article is dedicated to the theoretical foundations of the metrological control of thermostats and drying ovens. The operation of these devices is analyzed based on the models of thermodynamics, heat and mass transfer (**Fick's and Fourier's laws**), **PID regulation**, and convection. Fundamental principles of metrology—including calibration, verification, systematic and random errors, and the calculation of expanded uncertainty according to the **GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)**—are thoroughly examined. The paper details measurement methods for key parameters such as temperature stability, distribution non-uniformity, and load impact, supported by statistical analysis (**mean, standard deviation, and Student's t-distribution**) and practical examples. Metrological distinctions between thermostats and drying ovens are highlighted, with requirements analyzed in accordance with international standards (**DIN 12880, ISO/IEC 17025, JCGM 100**) and the regulatory documents of Uzbekistan. Furthermore, proposals and future perspectives regarding automation, artificial intelligence, advanced sensor technologies, and "green" metrology are discussed. The article is intended for laboratory specialists, engineers, and students.*

**Keywords:** *Thermostat, Drying oven, Metrological control, Calibration, Verification, Uncertainty of measurement, GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement), Temperature distribution, PID controller, Convection, Fick's law, Fourier's law, DIN 12880, ISO/IEC 17025, Error analysis.*

**Аннотация.** *Данная статья посвящена теоретическим основам метрологического контроля термостатов и сушильных шкафов. Работа этих устройств анализируется на основе моделей термодинамики, тепло- и массопереноса (законы Фика и Фурье), PID-регулирования и конвекции. Подробно рассматриваются фундаментальные принципы метрологии, включая калибровку, поверку, систематические и случайные погрешности, а также расчет расширенной неопределенности в соответствии с GUM (Руководство по выражению неопределенности измерений).*

*В статье подробно описываются методы измерения ключевых параметров, таких как стабильность температуры, неравномерность распределения и влияние загрузки, с опорой на статистический анализ (среднее значение, стандартное отклонение и распределение Стьюдента) и практические примеры. Подчеркиваются метрологические различия между термостатами и сушильными шкафами, а требования анализируются в соответствии с международными стандартами (DIN 12880, ISO/IEC 17025, JCGM 100) и нормативными документами Узбекистана. Кроме того, рассматриваются предложения и перспективы, связанные с автоматизацией, искусственным интеллектом, передовыми сенсорными технологиями и «зеленой» метрологией. Статья предназначена для лабораторных специалистов, инженеров и студентов.*

**Ключевые слова:** *термостат, сушильный шкаф, метрологический контроль, калибровка, верификация, неопределённость измерений, GUM (Руководство по выражению неопределённости измерений), распределение температуры, ПИД-регулятор, конвекция, закон Фика, закон Фурье, DIN 12880, ISO/IEC 17025, анализ ошибок.*

**Annotatsiya.** *Ushbu maqola termostatlar va quritish shkaflarining metrologik nazoratining nazariy asoslariga bag'ishlangan. Ushbu qurilmalarning ishlashi termodinamika, issiqlik va massa almashinuvi (Fik va Furye qonunlari), PID-regulyatsiya hamda konveksiya modellari asosida tahlil qilinadi. Metrologiyaning asosiy tamoyillari, jumladan kalibrlash, verifikatsiya, tizimli va tasodifiy xatolar, shuningdek GUM (O'lchashdagi noaniqlikni ifodalash bo'yicha qo'llanma) ga muvofiq kengaytirilgan noaniqlikni hisoblash batafsil ko'rib chiqiladi.*

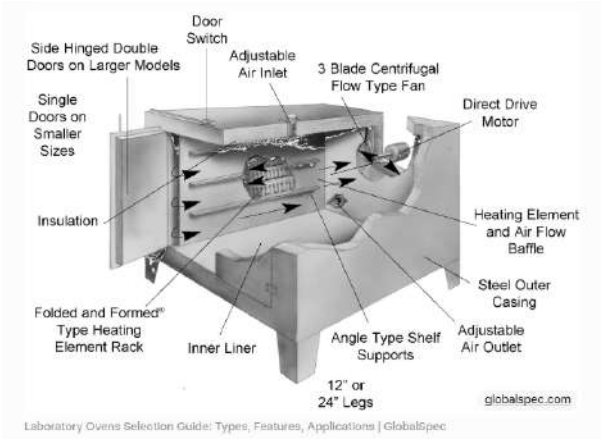
*Maqolada harorat barqarorligi, taqsimot notekisligi va yuklama ta'siri kabi muhim parametrlarni o'lchash usullari statistik tahlil (o'rtacha qiymat, standart og'ish va Styudent taqsimoti) hamda amaliy misollar asosida batafsil yoritilgan. Termostatlar va quritish shkaflari o'rtasidagi metrologik farqlar alohida ta'kidlanadi, talablar esa xalqaro standartlar (DIN 12880, ISO/IEC 17025, JCGM 100) va O'zbekistonning me'yoriy hujjatlariga muvofiq tahlil qilinadi. Bundan tashqari, avtomatlashtirish, sun'iy intellekt, ilg'or sensor texnologiyalari va "yashil" metrologiya bo'yicha takliflar hamda istiqbollar muhokama qilinadi. Maqola laboratoriya mutaxassislari, muhandislar va talabalar uchun mo'ljallangan.*

**Kalit so'zlar:** *termostat, quritish pechi, metrologik nazorat, kalibrlash, verifikatsiya, o'lchov noaniqligi, GUM (o'lchov noaniqligini ifodalash bo'yicha qo'llanma), harorat taqsimoti, PID regulyatori, konveksiya, Fik qonuni, Furye qonuni, DIN 12880, ISO/IEC 17025, xatoliklar tahlili.*

Thermostats and drying cabinets hold a critical position in modern scientific and industrial laboratories. These devices are utilized for the storage, drying, or experimental processing of materials under specific temperature and humidity conditions. However, the precision and reliability of their operation depend entirely on metrological control. Metrological control is the process of ensuring that measuring instruments comply with established standards, typically conducted in accordance with international frameworks such as **ISO/IEC 17025**.

This article examines the theoretical foundations of the metrological control of thermostats and drying cabinets. The paper is structured into the following sections: general metrological theory, the construction and control of thermostats, characteristics of drying cabinets, control methodologies, error analysis, and conclusions. The primary objective is to provide a theoretical framework for researchers, engineers, and students.

**Theoretical Foundations of Metrology.** Metrology is the science of measurement, with theoretical roots firmly planted in physics and mathematics. The fundamental principle of metrological control is the assurance of measurement accuracy. This process encompasses the following stages: **calibration, verification, and certification**. **Calibration** is the comparison of a device's readings against a reference standard. For instance, platinum resistance thermometers (PT100) are commonly used to measure temperature in thermostats, offering an accuracy of up to 0.1 °C. Theoretically, calibration employs statistical methods to minimize measurement uncertainty. Errors are categorized into two types: **systematic (bias)** and **random (statistical)**. Systematic errors arise from the device's construction, such as non-uniform temperature distribution caused by insulation defects. Random errors are associated with environmental factors, such as fluctuating air currents. To analyze these, the **Gaussian (normal) distribution** is applied, where the measurement




*Pic. 1.* Internal layout of the drying oven (showing convection, fan, heating elements, and airflow)

value is expressed by the mean μ and the standard deviation $\sigma$:

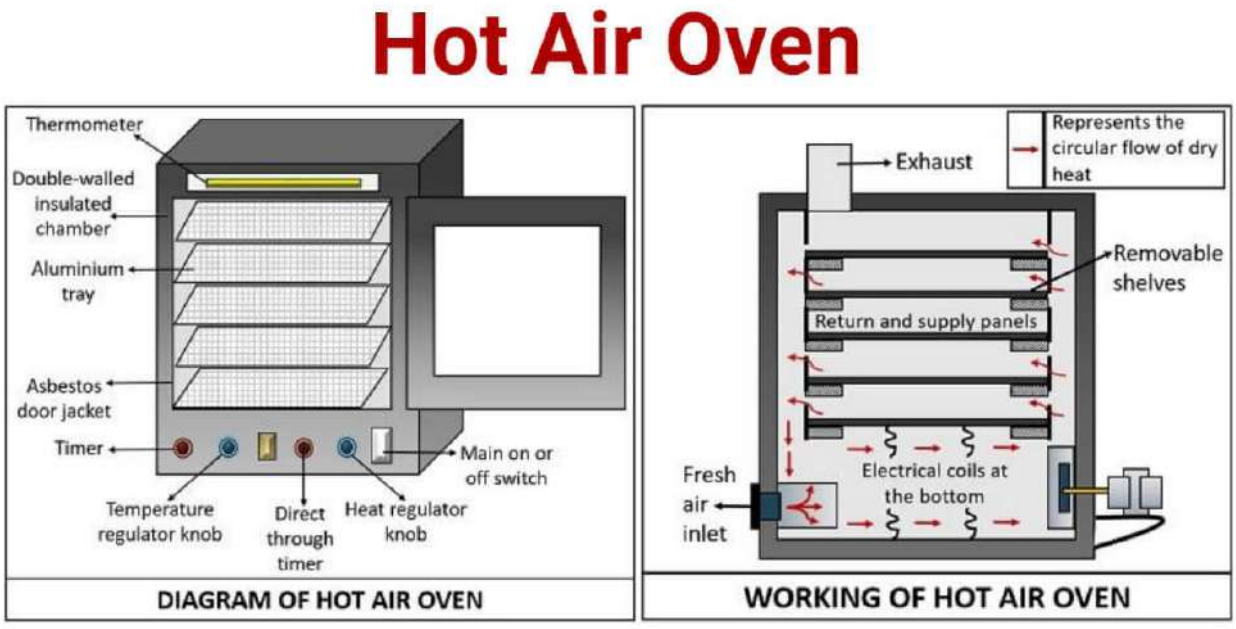
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

The international foundations of metrological control are based on the recommendations of the **OIML (International Organization of Legal Metrology)**. In Uzbekistan, this is carried out in accordance with the Law "On Metrology" (Metrological Assurance of Measuring Instruments). The theoretical model of control is as follows:

$$E = |X - X_0| \quad (2)$$

Here, $E$ represents the error, $X$ is the measured value, and $X_0$ is the true value. The accuracy class defines the maximum limit of the error.

**Structure and Theoretical Foundations of Thermostats.** A thermostat is a device that maintains




*Pic. 2.* Hot Air Oven Schematic (Dual View: External and Operating Principle).

a constant temperature. Its theoretical foundation is based on the laws of thermodynamics. The First Law of Thermodynamics ensures the conservation of energy::

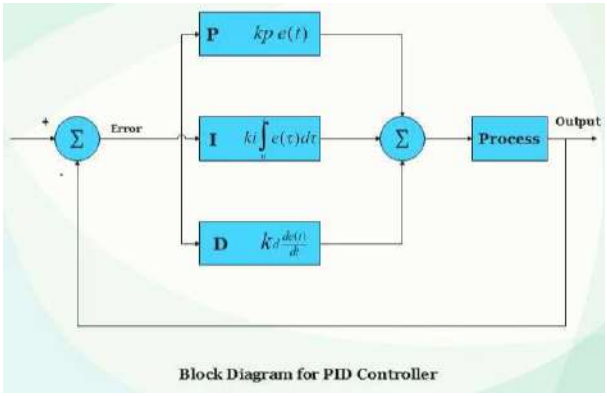
$$\Delta U = Q - W \quad (3)$$

Here, $\Delta U$ represents the change in internal energy, **Q** is the heat added to the system, and **W** is the work done. Temperature control within the thermostat is managed by a **PID controller** (Proportional-Integral-Derivative). The PID algorithm is expressed by the following formula:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\,d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

Here, $u(t)$ is the control signal, $e(t)$ is the error (deviation from the setpoint), and $K_p$, $K_i$, $K_d$ are the coefficients.

In metrological control, the temperature distribution of the thermostat is verified. For this purpose, multi-point measurements are conducted, for example, at 9 points (the center and the corners). The temperature non-uniformity is defined as $\Delta T = T_{max} - T_{min}$, and it typically should not exceed 1-2°C.




*Pic.3.* PID controller circuit for thermostat and drying oven control.

The theoretical principles of sensors used in thermostats (thermocouples, RTDs) are based on the temperature dependence of electrical resistance. For instance, for PT100:

$$R(T) = R_0(1 + \alpha T) \quad (5)$$

Here, $R_0$ is the resistance at 0°C, and $\alpha$ is the temperature coefficient (0.00385/°C).

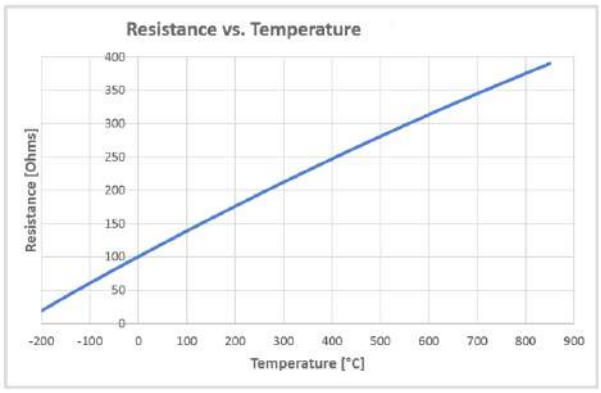
Unlike thermostats, drying cabinets are designed to remove moisture. Their theoretical framework is based on diffusion and heat transfer. The drying process is described by Fick's law:

$$J = -D\nabla C \quad (6)$$

Here, $J$ represents the **diffusion flux**, $D$ is the **diffusion coefficient**, and $C$ denotes the **concentration**.

**Design and Operating Principle of Drying Ovens.** Drying ovens are designed for drying, sterilizing, or heat-treating materials in laboratory and industrial settings. Their primary distinction from incubators (thermostats) lies in the presence of an airflow (convection) system and a mechanism for moisture removal during the drying process. Drying ovens typically consist of the following components:

- **Internal chamber** (usually made of stainless steel);
- **Heating elements** (electric coils or ceramic heaters);
- **Fan** (for forced convection);
- **Temperature sensor** (RTD PT100, thermocouple, or thermistor);
- **Moisture exhaust system** (ventilation valves);
- **PID controller** or a modern microprocessor-based control unit.




*Pic. 4.* PT100 Sensor: Temperature Dependence of Resistance (R(T) Graph).

Theoretically, the drying process is based on heat and mass transfer equations. Heat conduction is expressed by **Fourier's Law**:

$$q = -\lambda \nabla T \quad (7)$$

Here, $q$ is the heat flux density, $\lambda$ is the thermal conductivity coefficient, and $\nabla T$ is the temperature gradient. Mass (moisture) transfer, on the other hand, is described by Fick's first law.

$$J = -D\frac{\partial C}{\partial x} \quad (8)$$

Here, $J$ represents the **diffusion flux**, $D$ is the **diffusion coefficient**, and $C$ denotes the **moisture concentration**.

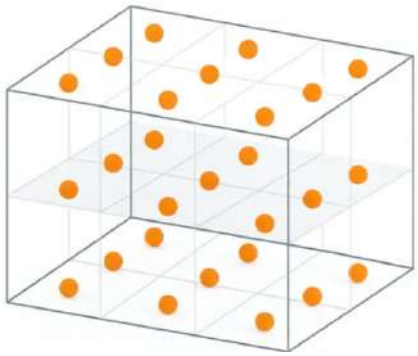
In drying ovens, **convective drying** is the dominant process; therefore, the intensity of heat transfer is evaluated using the **Nusselt number (Nu)**:

$$N_u = \frac{hL}{\lambda} = f(Re, Pr) \quad (9)$$

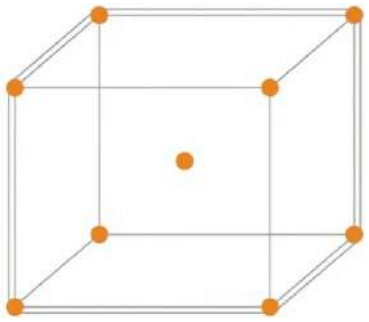
Here, $h$ is the convective heat transfer coefficient, $L$ is the characteristic length, $Re$ is the Reynolds number, and $Pr$ is the Prandtl number.

**Key Parameters of Metrological Control.** The metrological control of drying ovens is conducted based on the following primary parameters:

1. **Set point deviation** (deviation of temperature from the set value);



*Pic. 5.* 27-point (3×3×3) temperature measurement scheme – recommended for drying ovens.



*Pic.6.* 9-point temperature distribution test scheme (for basic laboratory cabinets).

2. **Temperature stability** (fluctuation over time);
3. **Spatial uniformity** (temperature distribution gradient within the chamber);
4. **Heating and cooling rates**;
5. **Moisture removal efficiency** (if ventilation control is applicable).

According to international standards (e.g., **DIN 12880:2007**, **ISO 17025** supplements, **GOST R 53618-2009**), control is carried out using the following methods:

- **Temperature Distribution:** Reference thermometers are placed at 9 or 27 points (3x3 or 3x3x3 grid) within the chamber. Temperature readings are recorded every 5–10 minutes.
- **Stability:** Temperature is monitored for 30–60 minutes; the standard deviation should be $\sigma \leqslant 0.1–0.5$°C.
- **Non-uniformity:** $\Delta T = T_max - T_min \leqslant 1–5$°C (depending on the oven volume and class).

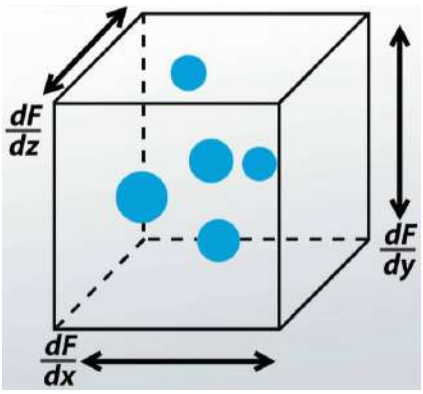
**Calibration and Verification Methods.** Calibration is performed using two main methods:

1. **Comparison Method in a Liquid or Air Thermostat:** A reference thermometer (e.g., **SPRT** – Standard Platinum Resistance Thermometer) and the oven's internal sensor are placed simultaneously. The temperature is increased incrementally (e.g., 50°C, 100°C, 150°C, 200°C). The error is calculated at each set point.

$$\Delta T = T_{standart} - T_{Drying\ oven} \qquad (10)$$

This method provides high accuracy (up to ±0.05°C).

2. **Comparison within a dry-block calibrator or furnace.** This is suitable for drying cabinets, though it is less accurate compared to comparison with a liquid thermostat.




*Pic.7.* Fick's law of diffusion scheme – the theoretical basis of the drying process.

**Verification (at testing)** is conducted under operating conditions: a load (e.g., wet materials) is placed in the cabinet, and the temperature profile is monitored. This process aligns with the **IQ/OQ/PQ** (Installation/Operational/Performance Qualification) stages.

**Error Analysis and Uncertainty Budget.** In metrological control, errors consist of the following components:

- **Systematic error** (sensor calibration error, insulation losses);
- **Random error** (fluctuations in airflow, fan speed);
- **Environmental error** (ambient temperature, pressure).

The **expanded uncertainty** is calculated in accordance with the **GUM** (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement):

$$U = k\sqrt{u_c^2} \qquad (11)$$

Here, $u_c$ is the combined standard uncertainty, and $k$ is the coverage factor (typically $k=2$ for a 95% confidence level).

For instance, the primary contributors to temperature uncertainty are:

- **Standard thermometer uncertainty:** 0.02°C;
- **Distribution non-uniformity:** 0.5°C;
- **Stability:** 0.1°C.

As a result, the expanded uncertainty may be approximately $U \approx \pm 1.0$°C.

**Standart and Regulatory Documents.** Metrological control in the Republic of Uzbekistan is carried out based on the Law «On State Testing and Metrological Control of Measuring Instruments» and O'zDSt 8.010 (Calibration of Measuring Instruments). At the international level:

- **DIN 12880** – for ovens and incubators;
- **IEC 61010** – safety requirements;
- **ISO/IEC 17025** – laboratory competence.

Requirements for drying ovens by class: **Class A** – highest accuracy (up to ±1°C), **Class C** – standard accuracy (±5–10°C).

**Classification of Errors and Their Sources.** In the metrological control of incubators and drying ovens, errors are divided into the following main groups:

**1. Instrumental Errors**

- **Sensor intrinsic error** (e.g., for PT100 Class A: – ±(0.15 + 0.002|T|) °C);
- **Controller resolution** (typically 0.1°C);
- **Analog-to-Digital Converter (ADC) error.**

**2. Methodological Errors**

- **Distribution non-uniformity (gradient);**
- **Variations caused by load placement** (materials alter thermal conductivity);
- **Ventilation flow direction and velocity.**

**3. External Factor Errors**

- **Ambient temperature and humidity** (may vary by ±3°C in laboratory conditions);
- **Power supply voltage fluctuations** (±10%);
- **Vibrations and mechanical impacts.**

The total error value is expressed as follows:

$$\Delta T_{umumiy} = \sqrt{\Delta T_1^2 + \Delta T_2^2 + \cdots \Delta T_n^2} \qquad (12)$$

**Each component here is added in quadrature (according to the GUM principle).**

**Statistical Methods and Data Processing Data obtained during metrological control is subjected to statistical analysis. Key parameters include:**

- **Mean (Average value):**

$$\bar{T} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i \quad (13)$$

- **Standard deviation:** $S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(T_i - \bar{T}\right)^2}$ (14)
- **Temperature stability (fluctuation):** typically, a **± s** value within the range of 0.1–0.3°C is required.
- Non-uniformity (spatial variation):

$$U = T_{max} - T_{min} \text{ or } U = max\left|T_i - \bar{T}\right| \cdot 2 \quad (15)$$

The Student's t-distribution is commonly utilized to determine the **confidence interval**.

$$\bar{T} \pm t_{n-1,1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

For instance, when measurements are conducted at 9 points ($n$=9), the coverage factor for a 95% confidence level is $t \approx 2.306$.

**Step-by-step method for calculating uncertainty (according to GUM):**

1. **Identify each source of error and evaluate their values.**
2. **Calculate the standard uncertainty $u_i$ for each source.**
3. **Combined standard uncertainty:**

$$u_c = \sqrt{\sum u_i^2} \quad (17)$$

Expanded uncertainty:

$$U = k \cdot u_c \quad (18)$$

(for $k$ = 2, the confidence level is approximately 95%).

**Practical example: uncertainty budgeting**

**Drying oven control at 150°C. Measurement data:**

- **Standard thermometer uncertainty:** $U_1$ = 0.03°C
- **Spatial non-uniformity** ($T_{max} - T_{min}$ = 1.2°C):

$U_2 = \frac{1.2}{\sqrt{3}} \approx 0.693$ °C (Rectangular distribution)

- **Stability (s = 0.15°C over 30 min):** $U_3$ = 0.15°C
- **Ambient temperature effect:** $U_4$ = 0.10°C
- **Miscellaneous (Controller, ADC):** $U_5$ = 0.05°C

Combined standard uncertainty:

$$u_c = \sqrt{0.03^2 + 0.693^2 + 0.15^2 + 0.10^2 + 0.05^2} \approx 0.72 \text{ °C} \quad (19)$$

Expanded uncertainty ($k$=2): $U$ = 1.44 °C

Thus, the actual temperature of the cabinet is stated to be within the range of 150.0 ± 1.4°C.

Metrological differences between thermostats and drying cabinets:

*Table 1*

| Parameter | Thermostat (Incubator/ Water Bath) | Drying Oven |
|---|---|---|
| Temperature Stability | ±0.05...0.2°C | ±0.1...0.5°C |
| Spatial Non-uniformity | 0.1...1.0°C | 1.0...5.0°C (high due to convection) |
| Load Impact | Minimal | Significant (moist materials) |
| Number of Control Points | 5–9 | 9–27 |
| Ventilation Control | None or minimal | Mandatory (fan speed, dampers/valves) |

**Practical Examples and Real-World Scenarios.**

**Example 1.** A new laboratory drying oven (volume: 120 liters, range: up to 200°C) is undergoing testing. Measurement results at 9 points at a setpoint of 105°C:

- **T-points (°C):** 104.8, 105.1, 105.3, 104.6, 105.0, 105.4, 104.7, 105.2, 105.1
- **Mean (Average):** 105.02°C
- **Non-uniformity (Spatial Variation):** 105.4 – 104.6 = 0.8°C
- **Standard Deviation:** 0.26°C

Complies with **DIN 12880 Class 2** requirements (non-uniformity ⩽ ±2°C).

**Example 2.** Biological samples are being stored in a thermostat at 37°C. Monitoring results: **stability ±0.07°C**, **non-uniformity 0.3°C**. This level is acceptable for medical laboratories (compliant with the **CLSI EP5-A2** standard).

**Theoretical Foundations of Metrological Control Automation.** In modern systems, real-time monitoring is implemented through software such as **SCADA** or **LabVIEW**. Data is logged into a database, and automated reports are generated. In the theoretical model, this process is based on **time-series analysis**:

- **Trend Analysis** (linear regression);
- **Anomaly Detection** (Shewhart control charts or EWMA — Exponentially Weighted Moving Average);
- **Forecasting** (ARIMA models).

For instance, the variation of temperature over time can be characterized by the following differential equation:

$$\frac{dT}{dt} = -k\left(T - T_{Enviroment}\right) + P(t) \quad (20)$$

Here, $k$ is the cooling coefficient and **P(t)** is the heating power.

This section discussed the statistical and uncertainty analysis of errors, real-world examples, and key differences. The following (final) section will present general conclusions, recommendations, future development directions, and the list of references. Thermostats and drying ovens are integral components of modern laboratory and industrial processes. Their metrological control ensures not only the accuracy of the device's performance but also the reliability of the entire experimental or production process. This paper examined the following key theoretical aspects:

1. **Fundamental Principles of Metrology:** Calibration, verification, classification of errors, and uncertainty budget calculation (based on the **GUM** methodology).
2. **Thermodynamic and Control Theory of Thermostats:** PID regulation, temperature stability equations.
3. **Mass and Heat Transfer Theory of Drying Ovens:** Fick's and Fourier's laws, convection models.
4. **Measurement Methods for Key Control Parameters:** Temperature distribution (spatial uniformity), stability, fluctuations, and the effect of loading.
5. **Statistical and Uncertainty Analysis:** Mean values, standard deviation, Student's t-distribution, and expanded uncertainty calculation.
6. **Application of the Control Process:** Practical implementation within real laboratory conditions through empirical examples.

In conclusion, while thermostats are suitable for processes requiring high precision (e.g., biological sample storage, enzymatic reactions), drying ovens exhibit larger error margins due to convective heat transfer and moisture removal processes. Consequently, their metrological classes and inspection frequencies differ accordingly.

**Practical Advices:**

**1. For Laboratories:**

- Conduct a full metrological calibration at least once a year using reference standards of **class 0.05** or higher.
- **Automate monitoring:** Utilize temperature loggers (e.g., Testo 174H, Grant SQ2020) and specialized software (LabVIEW, TraceCal).
- Perform dual-phase control: before and after loading (**Performance Qualification** stage).

2. For Metrological Services:

- Expand the reference standard base in Uzbekistan (e.g., liquid baths up to **300°C** and dry-block calibrators).
- Develop specific methodological guidelines for drying ovens (the current **O'zDSt 8.** series lacks sufficient detail).

**Future Development Directions: New Era of Standardization:**

Develop new international standard drafts for thermostats and drying ovens within the **ISO/TC 212** and **IEC/TC 66** committees (as the current **DIN 12880** has not been updated since 2007).

## *References*


1. **Law of the Republic of Uzbekistan** "On State Testing and Metrological Control of Measuring Instruments" (2021 Edition).
2. **O'zDSt 8.010:2020** – Calibration of Measuring Instruments. General Requirements.
3. **DIN 12880:2007** – Electrical Laboratory Ovens and Incubators. Performance Tests and Requirements.
4. **ISO/IEC 17025:2017** – General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories.
5. **JCGM 100:2008** – Measurement Uncertainty – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM).
6. **Burdick R.K., Borror C.M., Montgomery D.C.** *Design and Analysis of Gauge R&R Studies.* – SIAM, 2005.
7. **Holman J.P.** *Heat Transfer.* – McGraw-Hill, 10th ed., 2009.
8. **Incropera F.P., DeWitt D.P.** *Fundamentals of Heat and Mass Transfer.* – Wiley, 7th ed., 2011.
9. **Taylor J.R.** *An Introduction to Error Analysis.* – University Science Books, 2nd ed., 1997.
10. **Rabinovich S.G.** *Measurement Errors and Uncertainties.* – Springer, 3rd ed., 2005.
11. **Agency for Standardization, Metrology and Certification of the Republic of Uzbekistan (Uzstandard)** – Guidelines on Metrological Control (2022–2025).
12. **Klöpper W. et al.** *Laboratory Ovens and Incubators – Performance Testing.* – Journal of Laboratory Automation, 2018.




# MUNDARIJA 2026/1

**Metrologiya sohasida islohotlar – sifat infratuzilmasini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishi** . . . 2

*Жуманазаров Акмал Рузикулович.* **Конструктивные особенности ударно-изнашиваемых узлов горно-размольных машин** . . . 6

*Саидорипов Лазизбек Фуркатжанович.* **Роль метрологии при вступлении в ВТО** . . . 12

*Mamadalieva Naibaxon Saidaminovna.* **Muhandislik ta'limida xotin-qizlar uchun imkoniyatlar va gender tengligini oshirish strategiyalari: ta'limda texnika yo'nalishiga qizlarni jalb qilishning ilmiy yondashuvlari** . . . 16

*Каландаров Палван Искандарович.* **Анализ эталонных средств измерения влажности для прогнозирования микробиологической стабильности пищевых продуктов** . . . 20

*Sadikov Jaqsiliq Perdebayevich, Allanazarov Baxadir Dauletbayevich, Sultanov Polat Kenjabayevich, Tilovxanova Linda Raxmetulla qizi.* **Raqamli metrologiya. Raqamli metrologiyaning kelajakdagi rivojlanish bosqichlari** . . . 26

*Abdullayev Abdushukur Hamidovich, Xushvaktov Baxrom Alisherovich.* **GNSS qurilmalarining RTK rejimida o'lchash aniqligini xalqaro standart orqali baholash usullari** . . . 30

*Orifboyev Abdulla Asadullaxon o'g'li, Tairov Yokub Anvar o'g'li.* **O'zbekiston Respublikasida texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlar: milliy sifat infratuzilmasini xalqaro amaliyotga moslashtirish** . . . 34

*Vasiyev Xayrullo Ulugbekovich, Ismailov Utkurbek Maxmudovich.* **To'qimachilik korxonalarida sifat menejmenti tizimini axborot texnologiyalari asosida takomillashtirishning nazariy va amaliy jihatlari** . . . 39

*Саидорипов Лазизбек Фуркатжанович, Машарипов Шодлик Машарипович.* **Современные вызовы метрологическим услугам: научные подходы к трансформации их ключевых элементов в условиях цифровой экосистемы** . . . 44

*Nishonov Vohobjon Xamidulla o'g'li.* **Spirograf metrologiya tekshiruvini olib borish yuzasidan elektron hisoblash mashinalar dasturini yaratish** . . . 52

*Mirpulatov Doniyor Anvar o'g'li.* **Elektr transport vositalarini zaryadlash qurilmalarini davriy metrologik qiyoslashdan o'tkazish** . . . 56

*Turayev Shavkat Abduqayumovich, Yo'ldoshev Ilhom Murodilla o'g'li.* **Metrologik ta'minot – bu sifat garovi** . . . 59

*Махмудов Хикмат Махаматович, Мажитова Айнура Камил-кизи.* **Процессный подход в лаборатории: роль и практическое значение в рамках ISO/IEC 17025:2019 и ISO 9001:2015** . . . 61

*Matyakubova Parakhat Mayliyevna, Gaibnazarov Boburjon Usmonjon og'li.* **Theoretical foundations of metrological control for thermostats and drying ovens** . . . 66

Toshkent – 2026