



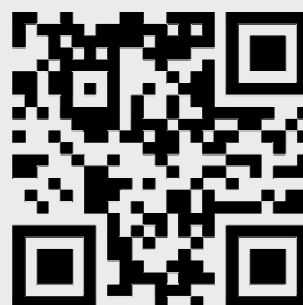
O'ZBEKISTON
MILLIY METROLOGIYA
INSTITUTI

O'ZBEKISTON METROLOGIYASI

ilmiy-texnik elektron jurnali

2-SON
2025-YIL

texnik jihatdan tartibga solish, metrologiya,
qonunlashtiruvchi metrologiya o'lchashlar
yagonaligi, yangi kashfiyotlar



O'ZBEKISTON METROLOGIYASI

ilmiy-texnik elektron jurnali

2025-yil iyun oyidan chop etilmoqda

Muassis: “O‘zbekiston milliy metrologiya instituti” davlat muassasasi

Bosh muharrir – L. Saidoripov

Musahhih – N. Mamaziyayeva

Dizayner sahifalovchi – K. Muxtasimov

Tahririyat manzili:

O‘zbekiston Toshkent sh., Olmazor tumani, Farobiy k., 333A

Pochta indeksi: 100174

E-mail: 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.

Jurnal uch oyda bir marta chiqadi

Bahosi bepul

Tahririyat fikri mualliflar fikriga mos kelmasligi mumkin

Yuborilgan qo‘lyozmalar retsenziya qilinmaydi va qaytarib berilmaydi

Maqolalardagi fakt va raqamlarning haqqoniyligiga muallif shaxsan mas’ul

O'zbekiston metrologiyasi ilmiy-texnik elektron jurnali

Tahrir hay'ati

Hay'at raisi:

A.R. Jumanazarov

O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi
direktori, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (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

Tahririyat a'zolari:

Tahrir kengashi a'zolari:

- Salimov Oqil Umurzoqovich, texnika fanlari doktori (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, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (DSc)
- Abduqayumov Abdurauf Abdurashidovich, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
- Babashev Kutlimurat Aytmuratovich, texnika fanlari nomzodi (t.f.n.), dotsent
- Usmonqulov Sharofjon Qodirqulovich, bo'lim boshlig'i
- Masharipov Shodlik Masharipovich, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (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

Mundarija

Tabrik

Akmal JUMANAZAROV.

Yangi O'zbekiston – barqaror taraqqiyot va texnik jihatdan tartibga solish sohasidagi islohotlar poydevori

3

Islohot

Lazizbek SAIDORIPOV.

Milliy etalonlardan xalqaro e'tirofgacha: Metrologiyada 2025-yil natijalari va ustuvor yo'nalishlar

4

Metrologik ekspertiza

Palvan KALANDAROV.

O'zbekistonda metrologiya va metrologiya ta'minoti tushunchalari va xususiyatlari

6

Verification

P.M. MATYAKUBOVA.

Metrological support in standardization

12

Tibbiyotda o'lchash

E.O' XIKMATOV, SH.X. ISMATULLAYEV, V.X. NISHONOV.

Dozimetrlar qiyoslash usullari va vositalari

16

Акустик система

Қ. БАБАШЕВ, Т. ПЎЛАТОВ, Х. АЛИШЕРОВ.

Ҳаво оқимини тезлигини ўлчаш қурилмасини яратиш

23

Kalibrlash

Shodlik MASHARIPOV.

Kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni (O'ZMBET 24:2024):

Milliy etalon yaratish texnologiyasi

25

Tadqiqot

G. BOBOYEV, N. NURMUKHAMEDOV, A. KADIROV.

Elektr ta'minotida elektr energiyasi bo'yicha yuzaga keladigan kamchiliklarni bartaraf qilishga qaratilgan asoslar

29

Kiber-fizika

A. MAMAJONOV, O. ABDUJABBOROV.

Raqamli metrologiya – sanoat 4.0 texnologiyalarining asosi sifatidagi o'rn

33

Квантовые стандарты

К.Ш. ГУЛОМОВ, С.И. ТРЕТЬЯКОВ.

Будущее метрологии: квантовые стандарты измерений

37

Raqamlashtirish

Mirjalol ODINAYEV.

Texnik jihatdan tartibga solish sohasini raqamlashtirishning ilmiy yechimlari

41

YANGI O'ZBEKISTON – BARQAROR TARAQQIYOT VA TEXNIK JIHATDAN TARTIBGA SOLISH SOHASIDAGI ISLOHOTLAR POYDEVORI

Qadrli yurtdoshlar! Hurmatli hamkasblar!

Yurtimizda buyuk va unutilmas sana — O'zbekiston Respublikasi davlat mustaqilligining 34 yilligi keng nishonlanayotgan shu fayzli kunlarda sizlarni O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi jamoasi nomidan, shuningdek, shaxsan o'z nomimdan chin qalbidan tabriklayman!

Mustaqillik — bu milliy tiklanish, milliy g'oya va qadriyatlarimizga qaytish, o'z yo'limiz hamda strategiyamiz asosida taraqqiyot sari intilgan davlatimizning tarixiy yutug'i hisoblanadi. Ushbu yutuq xalqimizga erkin fikrlash, erkin faoliyat yuritish, milliy manfaatlarimizni himoya qilish va turli sohalarda jahon andozalariga muvofiq rivojlanish imkonini yaratdi.

So'nggi yillarda mamlakatimizda amalga oshirilayotgan islohotlar jarayonida milliy mahsulotlarimiz sifatini oshirish, ularning jahon bozorlarida munosib o'rin egallashiga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bu borada texnik tartibga solish, standartlashtirish, metrologiya, sertifikatlashtirish va muvofiqlikni baholash kabi muhim sohalarning o'рни beqiyos.

Ushbu sohalarga qaratilayotgan e'tibor va amalga oshirilayotgan ishlar yurtimizda sanoat korxonalari faoliyatini yo'lga qo'yish, sifatli, xavfsiz va raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish hamda ularni tashqi bozorlarga eksport qilish imkoniyatlarini yanada kengaytirmoqda.

2025-yilning birinchi yarmida O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi tizimi tomonidan erishilgan muhim yutuqlar:

◆ **Texnik reglamentlar va milliy standartlar sohasida:**

- 23 ta texnik reglament loyihasi ishlab chiqilib, ularning 12 tasi tasdiqlandi;
- 3000 dan ortiq amaldagi standartlar xalqaro talablar asosida qayta ko'rib chiqildi;
- 210 ta yangi milliy standart qabul qilindi.

◆ **Metrologiya yo'nalishida:**

- 17 ta milliy etalon yangilandi va ularning xalqaro miqyosda tan olinishi ta'minlandi;
- 6 ta laboratoriya xalqaro va mintaqaviy solishtirishlarda muvaffaqiyatli ishtirok etdi;
- 8000 dan ziyod o'lchash vositasi davlat sinovidan o'tkazildi.

◆ **Sertifikatlashtirish va muvofiqlikni baholash yo'nalishida:**

- 20 mingga yaqin mahsulot turi sertifikatlandi;

- 2500 dan ortiq korxonada ISO standartlariga muvofiq tekshiruv va auditlar o'tkazildi;

- Xalqaro tajriba asosida 500 ta menejment tizimi joriy etildi.

◆ **Sohaviy hamkorlikni rivojlantirish va eksportbop mahsulotlarni rag'batlantirish maqsadida:**

- "O'zbekistonda ishlab chiqarilgan" belgisi berilishi orqali 70 dan ortiq mahsulot mahalliyashtirildi;
- 15 ta hududda tadbirkorlar ishtirokida o'quv-seminarlar tashkil etildi;
- 5 ta xorijiy davlat bilan texnik tartibga solish sohasida hamkorlik to'g'risida memorandumlar imzolandi.

Mazkur amaliy ishlar yurtimizdagi korxonalar eksport salohiyatini oshirish, yangi ish o'rinlari yaratish va eng muhimi — fuqarolarimiz hayotida sifat hamda xavfsizlik kafolatini ta'minlashga xizmat qilmoqda.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, erishilgan barcha yutuqlar, avvalo, mustaqillik tufayli yaratilgan siyosiy va iqtisodiy barqarorlik, shuningdek, sohada fidokorona mehnat qilayotgan mutaxassislar, muhandislar hamda rahbar xodimlarning halol mehnati samarasidir.

Mustaqillik bayrami munosabati bilan barcha soha vakillarini, agentlik tizimida samarali faoliyat yuritayotgan aziz hamkasblarimni chin qalbidan tabriklayman! Sizlarga va oilalaringizga tinchlik, farovonlik, mehnat faoliyatingizda esa ulkan muvaffaqiyatlar tilayman.

Ishonchim komilki, biz umumiy maqsad — milliy taraqqiyot va yurtimiz ravnaqi yo'lida birgalikda yuksak marralarni zabt etamiz!

***Bayramingiz muborak bo'lsin,
aziz yurtdoshlar!***



**Akmal JUMANAZAROV,
O'zbekiston texnik jihatdan tartibga
solish agentligi direktori**



MILLIY ETALONLARDAN XALQARO E'TIROFGACHA: Metrologiyada 2025-yil natijalari va ustuvor yo'nalishlar

Metrologiya sohasining mamlakatimiz iqtisodiy va ijtimoiy taraqqiyotidagi o'рни katta. 2025-yilning yanvar–iyul oylarida O'zbekiston milliy metrologiya instituti tomonidan bir qator islohotlar, loyihalar va ilmiy-amaliy ishlar amalga oshirildi. Shuningdek, yilning qolgan davrida bajarilishi rejalashtirilgan ustuvor vazifalar belgilanib olindi.

Etalonlar bazasini rivojlantirish va laboratoriyalar infratuzilmasi

Institut tomonidan milliy etalonlar bazasini rivojlantirish, laboratoriyalarni modernizatsiya qilish va zamonaviy infratuzilmani shakllantirish borasida tizimli ishlar olib borildi. 2024 yilda 6 ta yangi etalon joriy etilib, ularning umumiy soni 35 taga yetkazildi.

2025-yilda yana 9 ta yangi etalon xarid qilish rejalashtirilgan bo'lib, ayrimlari bo'yicha tanlov jarayonlari yakunlanib, shartnomalar tuzildi. Shuningdek, zamonaviy o'lchash vositalari, yordamchi uskunarlar, maxsus

qurilmalar xarid qilindi.

Metrologiya sohasidagi qonunchilikni takomillashtirish

O'zbekiston Respublikasining Xalqaro tarozi va o'lchovlar byurosi (BIPM) a'zosi sifatida qo'shilishi yuzasidan tegishli qonun va qaror loyihalari ishlab chiqilib, Vazirlar Mahkamasi orqali Oliy Majlis Senatiga kiritildi.

Shu bilan birga, xalqaro huquqiy hujjatlar asosida 20 ta milliy standartni qabul qilish rejalashtirilgan bo'lib, ularning bir qismi allaqachon

Lazizbek SAIDORIPOV,
O'zbekiston milliy metrologiya
instituti direktori

tasdiqlandi yoki jamoatchilik muhokamasiga qo'yildi.

Xalqaro hamkorlik va e'tirof

Institutning xalqaro maqomi mustahkamlanib, BIPM bazasidagi SMS-qatorlar soni kengaytirildi, COOMET doirasidagi solishtirish loyihalarida faol ishtirok etish ta'minlandi.

2025-yil aprel oyida COOMET Prezident kengashining 40-yig'ilishi ilk bor O'zbekistonda o'tkazilib, tashkilotning mintaqaviy ofisi ochildi.

Grantlar va xalqaro texnik ko'mak

Institut tomonidan Rossiya, Xitoy, Koreya, Germaniya va Saudiya Arabistoni davlatlari bilan yirik grant va texnik yordam loyihalari amalga oshirilmoqda. Jumladan:

ROSSTANDART bilan texnik yordam memorandum;

ACWA Power bilan Qoraqalpog'istonda energetika metrologiyasi loyihasi;

CIDCA bilan "Kvant metrologiyasi markazi";

KOICA bilan R\&D markazi;

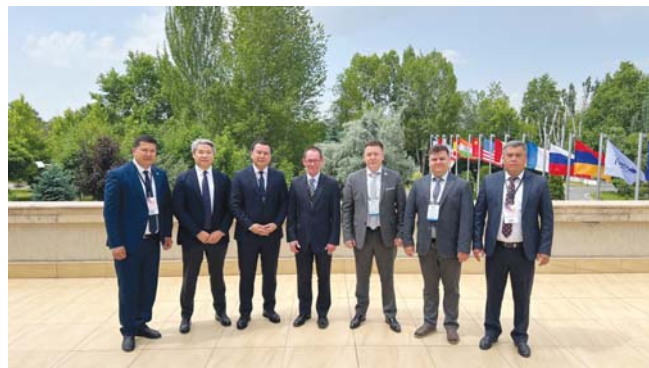
PTB va KfW bilan tibbiy laboratoriya va sifat infratuzilmasi loyihalari.





Ilmiy salohiyat va mutaxassislar salohiyatini oshirish

Institutda PhD darajasini olish istagidagi mustaqil tadqiqotchilar soni ortmoqda. Ta'lim muassasalari va ilmiy markazlar bilan hamkorlikda innovatsion loyihalar ishlab chiqilmoqda. Joriy yilning birinchi yarmida 27 nafar mutaxassis xorijda malaka oshirdi. Yil yakunigacha yana 35 nafar mutaxassisni yuborish rejalashtirilgan.



Yangi laboratoriyalar va xizmat qamrovini kengaytirish

Institut ISO 17034 standartiga muvofiq milliy akkreditatsiyadan o'tdi. Respublika hududlaridagi bir qator filiallardagi laboratoriyalar akkreditatsiya doirasida kengaytirildi.

Shuningdek, Chirchiq shahrida gaz qorishmalari ishlab chiqarish bo'yicha innovatsion laboratoriya tashkil etish yuzasidan tegishli ishlar amalga oshirilmoqda.

Metrologiya xizmatlari eksporti

Institut tomonidan qo'shni davlatlar va xalqaro mijozlarga kalibrovka, qiyoslash, metrologik sinovlar kabi xizmatlar eksporti yo'lga qo'yildi va bu borada rejalardan ortiq natijalarga erishildi.

2025-yilning qolgan davridagi ustuvor vazifalar:

- milliy etalonlar bazasini kengaytirish;
- Chirchiqda gaz qorishmalari laboratoriyasini tashkil etish;
- mobil metrologiya laboratoriyasini joriy etish;
- Chexiya krediti asosida yuqori aniqlikdagi 14 ta o'lchash vositalarini

xarid qilish;

- kalibrash qamrovini kengaytirish;
- xizmatlar eksport salohiyatini oshirish.

O'zbekiston milliy metrologiya instituti zamonaviy ilmiy va texnik yechimlar, xalqaro standartlarga mos infratuzilmalar asosida o'z faoliyatini yanada kengaytirish orqali mamlakatda o'lchashlarning aniqligi, ishonchliligi va barqarorligini ta'minlashda muhim o'rin egallab bormoqda.

O'zbekistonda metrologiya tizimi va uning ta'minotiga oid asosiy tushunchalar

Kalandarov Palvan Iskandarovich
“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini
mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot
universiteti professori, texnika fanlari doktori.
O'zbekiston milliy metrologiya instituti, yetakchi mutahassisi

Annotatsiya: Mazkur maqolada metrologiyaning nazariy va amaliy asoslari hamda uning iqtisodiyot va ilmiy-tadqiqot faoliyatidagi o'rnini tahlil qilinadi. Metrologiya ta'minoti tushunchasi keng qamrovda ko'rib chiqilib, o'lchash tizimlari, asboblari va tartib-taomillar orqali o'lchash natijalarining aniqligi va ishonchliligini ta'minlash jarayonlari ilmiy asosda yoritiladi. Maqolada asosiy tarkibiy qism sifatida kalibrovka intervali, o'lchash noaniqligi, etalonga nisbatan yaqinlik kabi ko'rsatkichlar tahlil qilingan, intellektual o'lchash tizimlarida qo'llanilayotgan raqamli datchiklar va mikrokontroller asosidagi kalibrovka sxemalari o'rganilgan. Modellash usuli orqali turli o'lchash intervallarida noaniqlikning o'zgarishi grafik va jadvallar yordamida baholangan. Qo'llanilgan modellarda regressiya analizi asosida aniqlik va ishonchlilik ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi. Grant loyihalar va yosh tadqiqotchilarni ilmiy salohiyati alohida e'tirof etilgan. Shu bilan birga, maqolada metrologiya va metrologiya ta'minotining o'zaro bog'liq, biroq funksional jihatdan farqli xususiyatlari ham alohida yoritilgan.

Kalit so'zlar: Metrologiya, metrologiya ta'minoti, o'lchash aniqligi, standartlashtirish, kalibrovka, o'lchash vositalari, SI tizimi, etalon, metrologik ekspertiza, raqamli metrologiya, qonunli metrologiya, grant loyiha, yosh tadqiqotchilar.

Metrologiya — bu o'lchashlar, ularning bir xilligi, aniqligi va ishonchliligini ta'minlashga doir fan va amaliy faoliyat yo'nalishidir. U nafaqat texnik sohalarida, balki iqtisodiyot, tibbiyot, muhandislik, ekologik monitoring va qurilishda ham muhim o'rin tutadi. Metrologiyaning zamonaviy vazifalari — o'lchashlarning ishonchliligini ta'minlash, davlat va xalqaro standartlarga muvofiq kalibrovkalarni amalga oshirish, innovatsion texnologiyalarda o'lchash usullarini joriy etishdan iborat.

Endi metrologiya va metrologiya ta'minoti tushunchalari va xususiyatlarini tahlil etib chiqaylik.

Metrologiya — bu o'lchashlar to'g'risidagi fan bo'lib, o'lchashlar nazariyasi, ularning aniqligi, yaroqliligi

va qonuniyligini o'rganadi. Uning asosiy vazifasi — o'lchash natijalariga ishonch hosil qilish, uning qaytariluvchanligini va xalqaro tan olinishini ta'minlashdir.

Metrologiya ta'minoti — bu metrologiya fani asosida ishlab chiqilgan tashkiliy, texnik, huquqiy chora-tadbirlar majmuasi bo'lib, maqsadi — o'lchash jarayonlarining aniqligi va ishonchliligini ta'minlashdir. U quyidagi tarkibiy

qismlardan iborat:

- o'lchash vositalarini sertifikatlash va kalibrovka qilish;
- o'lchash metodikalarini ishlab chiqish va tasdiqlash;
- etalonlar tizimi va ularning hujjatlashtirilishi;
- metrologik ekspertiza, yaroqlik muddatlari, texnik xizmat ko'rsatish;
- ishlab chiqarish, tadqiqot va boshqaruv sohalarida o'lchashlarni tizimlashtirish.

Yuqoridagilardan kelib chiqib quyidagicha xulosalash mumkin:

Metrologiya — bu fan. U nazariyani ishlab chiqadi, qoidalarini yaratadi va asosiy yondashuvlarni belgilaydi.

Metrologiya ta'minoti — bu amaliy tizim. U metrologiyaning hayotga tatbiq etish vositasi hisoblanadi.

Ular bir-biriga bog'liq, ammo vazifa va maqsad jihatidan farqli. Bu farqlanishni quyidagi jadvaldan ko'rish mumkin.

Endi metrologiyaning oxirgi yillardagi o'rnini haqida o'z fikrlarimni va bu sohada olib borgan tadqiqotlarimni va ularni natijalarini va ushbu maqolani yozilish sabablarini keltirib o'taman.

Metrologiya O'zbekistonda mustaqillik yillarida muhim ilmiy va amaliy fan sifatida rivojlanib bordi. Ayniqsa, 1990-yillardan boshlab milliy standartlashtirish va etalonlash tizimlarini shakllantirish, qonunli metrologiyaning joriy etish va amaliyotga ilmiy yondashuvlarni kiritishda

Metrologiya	Metrologiya ta'minoti
Fan va nazariy yo'nalish	Amaliy va tashkiliy tizim
O'lchash nazariyasi, noaniqlik, etalonlar	Kalibrovka, tekshiruv, hujjatlashtirish
Ilmiy-tadqiqot ob'ektlari	Ishlab chiqarish va amaliyot ob'ektlari
Ilmiy metrologiya, qonunli metrologiya, amaliyot	Metrologiya qoidalar va normalar majmuasi
SI tizimi, xalqaro me'yorlar	Sertifikatsiya, nazorat va audit jarayonlari





katta yutuqlarga erishildi. Shu yillari bu jarayonlarda O'zbekistonlik olimlar, xususan: akademik, professor Nodirbek Yusupbekov, texnika fanlari doktori professor Patxulla Ismatullaev texnika fanlari doktori, professor Rahmat Azimov texnika fanlari doktori, professor Palvan Kalandarov texnik fanlar doktori, professor Parahat Matyakubovalarning hissalar alohida e'tirofga loyiq.

Ushbu borada alohida bir urg'u berib o'tib ketmoqchimanki, 1995 yilda men (P.I. Kalandarov) texnika fanlar doktori ilmiy darajasini himoya qilgandim va undan keyingi tadqiqotlari orqali mamlakatimizda suyuq va sochiluvchan moddalar, xususan don mahsulotlarining namligini avtomatlashtirilgan nazorat qilish sohasida ilmiy maktab asoschilaridan biri sifatida shakllandim. Ishlanmalarim O'zbekistonda metrologiya ta'minotni raqamli va intellektual o'lchash tizimlari bilan uyg'unlashtirishda ilk ilmiy-amaliy yechimlardan biri bo'ldi.

Ushbu yo'nalishda shu kunlarda ham tadqiqotlar va izlanishlarni davom ettirmoqdaman. Hozirda meni rahbarligimdagi tadqiqotlar natijasida respublikamizda avtomatlashtirilgan o'lchash asboblarning metrologiya parametrlarini baholash, kalibrovkadan o'tkazish va ishonchligini ta'minlash bo'yicha normativ asoslar ishlab chiqish ustida ishlar olib borilmoqda. Hozirgi kunda ham tadqiqot natijalari mamlakatning bir qator ishlab chiqarish korxonalari va ilmiy tashkilotlarda qo'llanilmoqda.

Ushbu maqolada ana shu ilmiy asoslar va amaliyotlar zamiridagi nazariy tushunchalar — metrologiya va metrologiya ta'minotning mazmuni, farqli jihatlari va zamonaviy tendensiyalari ilmiy asosda tahlil etiladi.

Material va usullar

Mazkur tadqiqotda qiyosiy tahlil, modellashtirish va amaliyotda o'rganish usullari qo'llanildi. Tahlil uchun O'zbekiston Respublikasida amal qilayotgan metrologiya normativ hujjatlari, ISO va GUM xalqaro standartlari, shuningdek, amaliyotda qo'llanilayotgan o'lchash vositalari va ularning metrologik xarakteristikalarini asos qilib olindi.

Ushbu maqolada asosiy tarkibiy qism sifatida kalibrovka intervali, o'lchash noaniqligi, etalonga nisbatan yaqinlik kabi ko'rsatkichlar tahlil qilindi. Bundan tashqari, intellektual o'lchash tizimlarida qo'llanilayotgan raqamli datchiklar va mikrokontroller asosidagi kalibrovka sxemalari o'rganildi.

Modellashtirish usuli orqali turli o'lchash intervallarida noaniqlikning o'zgarishi grafik va jadvallar yordamida baholandi. Qo'llanilgan modellarda regressiya analizi asosida aniqlik va ishonchlik ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi.

Metrologiya ta'minoti ushbu yo'nalishlarni amalga oshirishning amaliy va tashkiliy asosi bo'lib, quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- o'lchash vositalarining kalibrovkasi va tekshiruvi;
- etalonlar tizimi va ularni yuqori darajada saqlash;
- o'lchashlar o'rtasida muvofiqlikni ta'minlovchi tartib-tamoyillar;
- o'lchash jarayonlarini reglamentlovchi normativ hujjatlar;
- metrologik ekspertiza, verifikatsiya va attestatsiya jarayonlari.

Modellashtirish usuli orqali turli o'lchash intervallarida noaniqlikning o'zgarishi grafik va jadvallar yordamida baholandi. Qo'llanilgan modellarda regressiya analizi asosida aniqlik va ishonchlik ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi. Tahlil jarayonida logarifmik regressiya modeli qo'llanilib, kalibrovka intervali va o'lchash noaniqligi o'rtasida quyidagi bog'lanish aniqlandi:

$$U(x)=a \cdot \ln(x)+b$$

bunda:

- $U(x)$ – o'lchash noaniqligi (%),
- x – kalibrovka intervali (oy),
- a, b – regressiya koeffitsientlari, tajriba ma'lumotlariga asoslangan.

Modellashtirish natijalari asosida



Vositalarining aniqlik darajasi va kalibrovka davriyligi

O'lchash asbobi	Noaniqlik ($\pm\%$)	Kalibrovka davriyligi (oylar)
Termometr	0.5	12
Bosim sensori	0.8	6
Tortish uskunasi	0.3	18
Namlilik o'lchagich	1.2	9

koeffitsient determinatsiyasi $R^2 = 0.97$ ga teng bo'lib, bu modelning yuqori darajada ishonchli ekanini ko'rsatadi. Model raqamli metrologiya tizimlarida kalibrovka intervallarini optimallashtirishda amaliy qo'llanma sifatida xizmat qilishi mumkin.

Modelning ishonchligi koeffitsienti $R^2 = 0.97$ bo'lib, bu modelning yuqori aniqlikda haqiqatga yaqin ekanini ko'rsatadi. R^2 – determinatsiya koeffitsienti sifatida modeldagi $U(x)$ o'zgaruvchisining 97% qismi x o'zgaruvchisi (logarifmik shaklda) orqali tushuntirilishi mumkinligini anglatadi. Bu esa ushbu regressiya modelining amaliyotda qo'llanilishi uchun ishonchli asos bo'ladi.

Ushbu regressiya modeli asosida metrologik kalibrovka davriyligini belgilovchi dasturiy algoritm ishlab chiqish, avtomatlashtirilgan o'lchash tizimlarida noaniqlikni baholash uchun hisoblash modulini joriy etish mumkin.

Shuningdek, tadqiqot davomida quyidagi usullardan foydalanildi:

- normativ tahlil usuli (ISO 17025, GUM 1995);
- eksperimental laboratoriya va ishlab chiqarish ob'ektlarida o'lchash vositalari bilan ishlash;
- matematik modelashtirish va vizuallashtirish (MS Excel, Python matplotlib asosida);
- amaliyotda qo'llanilayotgan kalibrovka dasturlari tahlili.

O'zbekistonda ushbu tizim bosqichma-bosqich joriy etilib, bugungi kunda O'zbekiston milliy metrologiya instituti orqali amalga oshirilmoqda. Jumladan, institutda etalonlar saqlanadi, sanoat metrologiyasi esa tarmoq korxonalaridagi aniq o'lchov tizimlarini ta'minlashga qaratilgan. Qonunli metrologiya esa davlatning nazorat funksiyasini amalga

oshiradi va jamiyatda ishonchli o'lchash muhitini shakllantiradi.

Ushbu usullar tadqiqotning nazariy asoslanganligi va amaliy ahamiyatini ta'minlashga xizmat qildi.

Natijalar

Metrologiya uchta asosiy bo'limga ega:

- Huquqiy metrologiya — davlat nazorati va qonunchilik bilan bog'liq bo'lgan o'lchashlar;
- Sanoat metrologiyasi — ishlab chiqarish va texnologiya jarayonlaridagi o'lchashlar;
- Ilmiy metrologiya — SI birliklar tizimini rivojlantirish va etalonlarni takomillashtirish.

Metrologiya ta'minoti tarkibiy qismlari ushbu komponentlarni o'z ichiga oladi: O'lchash vositalarini davlat reestriga kiritish; Kalibrovka va metrologik attestatsiya; Standartlashtirish va tartibga solish; Metrologik ekspertiza va nazorat.

Metrologiya ta'minotining amaliyotdagi rollari quyidagilarga qaratilgan: Sifat menejmentida — ISO 9001 talablariga muvofiq aniq o'lchashlar

1-jadval

kafolati; Tibbiyotda — diagnostika va terapevtik jarayonlarda ishonchli o'lchashlar; Agrosanoatda — namlilik, massa va kimyoviy tarkibni aniqlashda metrologiya aniqligi; Ekologiyada — atrof-muhit parametrlarini monitoring qilish.

Tadqiqot davomida turli o'lchash intervallari va kalibrovka chastotalarining o'lchash noaniqligiga ta'siri baholandi. Quyidagi jadvalda kalibrovka intervali bilan noaniqlik o'rtasidagi bog'liqlik 1 – jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Kalibrovka intervali bilan noaniqlik o'rtasidagi bog'liqlik

№	Kalibrovka intervali (oy)	O'lchash noaniqligi (%)
1	1	± 0.5
2	3	± 0.8
3	6	± 1.3
4	12	± 2.5

2-jadvalda ayrim standart o'lchash asboblari uchun umumiy noaniqlik va ularni kalibrovka qilish davriyligi keltirilgan:

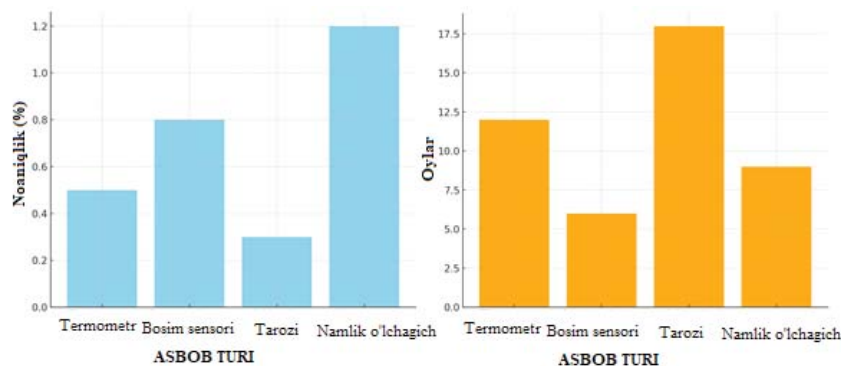
Grafikda ko'riladigan tendensiya metrologik deviatziya (o'lchashdagi og'ish) ning kalibrovka intervaliga nisbatan qisqarishi bilan izohlanadi. Buni metrologik degradatsiya tezligi modeli asosida tahlil qilish mumkin:

- Asboblardagi sensor xossalari vaqt o'tishi bilan o'zgaradi, bu esa so'ndirilmagan deviatziyalarga olib keladi.



1-rasm. Kalibrovka intervali va o'lchash noaniqligi o'rtasidagi bog'liqlik grafigi.





2-rasm. O'lchash asbobi aniqligi (noaniqlik) va kalibrovka davriyligi

- Agar Δt intervalda qayta kalibrlash qilinmasa, umumiy xato tartibda o'sadi (bu yerda ε_0 — boshlang'ich noaniqlik, k — degradatsiya koeffitsienti).

Demak, shunday xulosa qilish mumkinki: kalibrovka intervalini optimallashtirish — metrologiya ta'minoti samaradorligining asosiy omilidir.

Muhokama

Yuqorida keltirilgan natijalar metrologiya va metrologiya ta'minoti tizimlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni namoyon etadi. Jumladan, kalibrovka intervali bilan o'lchash aniqligi o'rtasidagi to'g'ridan-to'g'ri bog'liqlik, amaliy metrologiyada yuzaga keladigan asosiy muammolardan biri sifatida tahlil qilindi.

Modellashtirish natijalari shundan dalolat beradiki, har bir o'lchash vositasi uchun kalibrovka rejimi individual ravishda tanlanishi zarur. Bu yechim yuqori ishonchli natijalarni kafolatlashda muhim ahamiyatga ega [3].

Bundan tashqari, raqamli texnologiyalar va intellektual sensorlar joriy etilishi metrologiya ta'minotida yangi tendensiyalarni yuzaga keltirmoqda. Ular orqali kalibrovka jarayonlarini avtomatlashtirish, real vaqtda monitoring qilish va noaniqlikni dinamik ravishda baholash imkoni paydo bo'lmoqda. Bu esa raqamli metrologiya va intellektual o'lchash tizimlarining kelajakdagi rolini kuchaytiradi [6].

Metodik tahlillar shuni ko'rsatdiki,

standartlashtirish jarayonida qo'llaniladigan xalqaro me'yorlar (ISO, GUM va boshqalar) har bir o'lchash vositasining texnik pasport ma'lumotlarini to'liq hisobga olishni talab etadi [1], [5]. Shu boisdan, milliy metrologik xizmatlar o'z tizimlarini xalqaro qoidalarga muvofiqlashtirish orqali milliy mahsulotlarning eksportbopligini ta'minlaydi [4].



Muhokama qilish joyida e'tirof etiladigan yana bir jihat — bu ta'lim va malaka oshirish tizimi bilan bog'liq masalalardir. Chunki har qanday yuqori texnologiyali o'lchash vositasidan to'g'ri foydalanish uchun kadrlarning yetarli malakaga ega bo'lishi zarur. Bu esa metrologiya ta'minotining inson kapitali bilan bog'liq qismida ham tizimli yondashuv talab etilishini anglatadi [7]. Muallif tomonidan metrologiya yo'nalishidagi nashr etilgan darslik va ko'plab ilmiy maqolalarini [11-15] muhim nashrlar va ilmiy maqolalar bo'lib bu darsliklar, maqolalar nafaqat milliy, balki xalqaro ilmiy jamoatchilikda ham e'tirof

etilgan bo'lib, O'zbekistonda metrologiya va intellektual o'lchash texnologiyalari sohasida ilmiy maktabning shakllanishida muhim o'rin tutadi.

Bu maqolalarda professor P.I. Kalandarovning ilmiy qarashlari, modellashtirish usullari va metrologiya ta'minotini raqamli texnologiyalar bilan uyg'unlashtirishdagi yondashuvlari yaqqol ko'zga tashlanadi. Shuningdek, bu ishlar yosh tadqiqotchilar uchun ilmiy asos va metodik yo'nalish sifatida xizmat qiladi.

Etalonlar yaratilishida metrologiya va metrologiya ta'minotining ahamiyati.

Ilmiy tadqiqotlar va etalon yaratish bo'yicha amaliy loyiha bo'yicha metrologiya va metrologiya ta'minoti tushunchalari va xususiyatlari to'g'risidagi o'zni to'g'risida ifodalaydigan bo'lsak, u holda hozirda O'zbekiston milliy metrologiya institutida shu kunlarda bir qator amaliy grant loyihalar amalga oshirilmoqda. Ulardan biri — "Birlamchi nisbiy namlik birligi etalonini yaratish" mavzusidagi davlat buyurtmasi asosida bajarilayotgan amaliy ilmiy tadqiqot loyihasidir. Ushbu loyiha 2025–2026 yillar davomida AL-9324104947-sonli shartnoma asosida amalga oshirilmoqda va professor P.I. Kalandarov ilmiy rahbar sifatida ishtirok etmoqda.

Loyihaning asosiy maqsadi — nisbiy namlikni aniq va ishonchli tarzda o'lchash imkonini beradigan birlamchi etalonni yaratish, uni xalqaro talablarga mos tarzda kalibrovka qilish va O'zbekistonning o'lchash tizimida joriy etishdir. Bu etalon kelgusida sanoatda, agrosanoat va kimyo sohalarida ishlatiladigan datchiklar va o'lchash vositalarini davlat darajasidagi etalonga nisbatan kalibrovka qilish imkonini yaratadi.

Loyiha doirasida quyidagi texnik va ilmiy yo'nalishlar qamrab olinagan:

- nisbiy namlikni standartlashtirilgan muhitda o'lchash uchun referent kamera yaratish;



- gigrometrik va psixrometrik usullarni qiyosiy tahlil qilish;

- etalonni ISO/TR 16403 va GUM talablariga muvofiq tarzda verifikatsiya qilish;

- nafaqat respublika, mahalliy ishlab chiqaruvchilar uchun ham kalibrovka xizmatlarini tashkil etish.

Ushbu loyiha metrologiyasi uchun strategik ahamiyatga ega, balki mintaqadagi davlatlar bilan yetakchi o'lchash etalonlari darajasidagi hamkorlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Etalonning yaratilishi O'zbekistonning SI birliklarini amaliyotga joriy etish bo'yicha xalqaro CMC (Calibration and Measurement Capabilities) ro'yxatlariga kirishini tezlashtiradi.

“Birlamchi nisbiy namlik birligi etalonini yaratish” bo'yicha amalga oshirilayotgan davlat grant loyihasi – O'zbekistonda ilmiy metrologiyani rivojlantirish, metrologiya ta'minotini institutsional asosda ta'minlash va o'lchash natijalarining qiyoslanuvchanligi va ishonchligini ta'minlash maqsadlariga xizmat qiladi.

Bu kabi etalon yaratish loyihalari quyidagi strategik yo'nalishlarning amaliyotdagi ifodasidir:

Metrologiya – nisbiy namlik kabi muhim fizik kattalikning SI tizimidagi birligini aniqlash, saqlash va uzatish orqali davlat etalonlarini shakllantiradi;

Metrologiya ta'minoti – ushbu etalon orqali sohaviy o'lchash vositalarini kalibrovka qilish, ishlab chiqarish jarayonlaridagi o'lchash natijalarining yagonaligini ta'minlash va standartlashtirish qoidalariga muvofiq nazoratni amalga oshirish imkonini yaratadi.

Ushbu loyiha orqali yaratiladigan etalon, keyinchalik texnik reglamentlar, ISO va GOST standartlari talablariga javob beradigan zamonaviy metrologiya infratuzilmasini yaratishga zamin bo'ladi. Shu bilan birga, uning natijalari nafaqat ilmiy, balki sanoat, agrar va ekologik monitoring sohaslarida amaliyotga joriy etiladi.

Shu tariqa, mazkur ilmiy loyiha nafaqat “O'zbekiston Respublikasida milliy metrologiya tizimini rivojlantirish strategiyasi”ni amalga oshirishda muhim qadam hisoblanadi, balki O'zbekistonning xalqaro metrologiya hamjamiyatidagi nufuzini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Shunigdek yosh tadqiqotchilarning ilmiy salohiyati va natijalarini alohida e'tirof etib o'tmoqchiman. O'zbekiston milliy metrologiya institutida yoshlarning ilmiy salohiyatini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. 2025-yil holatiga ko'ra, institutda 15 nafardan ortiq yosh mutaxassislar mustaqil tadqiqotchi sifatida faoliyat boshladilar. Ularning har biriga aniq ilmiy mavzular va mutaxassis ilmiy rahbarlar birlashtirilgan. Bugungi kunda ushbu yosh tadqiqotchilarning bir qismi o'z tadqiqot natijalarini ilmiy jurnallarda muvaffaqiyatli nashr etgani qayd etildi. Jumladan:

Rahimova Sevara: “Laboratoriya sharoitida massa va dozlash uskunalarini o'lchash aniqligini baholashning tahlili” mavzusidagi maqolasi respublika ilmiy jurnalida chop etildi;

Hakimova Nargiza: «Выбор метода дистанционного контроля влажности хлопкового сырья в условиях Республики Узбекистан» mavzusidagi tadqiqoti ilmiy jamoatchilik tomonidan e'tirof etildi;

Shuhrat Qodirov: “Biogaz ishlab chiqarish texnologiyasida metanning o'zni va unga ta'sir etuvchi omillar” mavzusidagi ishi ekologik metrologiyaga taalluqli dolzarb masalalarni qamrab olgan;

Maqsudbek Yuldashev: “Xorazm sharoitida dalalarda tuproq namligini o'lchashda yuqori chastotali usul va asbobini tanlash xususiyatlari” mavzusidagi tadqiqoti agrometrologiya sohasiga qo'shilgan muhim hissa bo'ldi.

Ushbu natijalar yosh kadrlarning ilmiy tafakkurini shakllantirish, ularni metrologiyaning zamonaviy tendensiyalariga jalb etish va ilmiy tadqiqotlarning izchilligini ta'minlashda muhim qadam hisoblanadi. Shu orqali mamlakatimizda metrologiya sohasida barqaror ilmiy maktab shakllanish yo'lida ilg'or tajribalar yaratilmoqda.

Xulosa

Metrologiya va metrologiya ta'minoti nafaqat o'lchashlar aniqligi va ishonchligini ta'minlash, balki iqtisodiyot, fan va texnologiya sohaslarida qaror qabul qilishning asosiy poydevoridir. Ushbu maqolada olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki:

- metrologiya nazariy fan sifatida ilmiy, amaliy va huquqiy tarmoqlarda qo'llaniladi;

- metrologiya ta'minoti — bu butun



tashkilotchilik, texnik va huquqiy infratuzilma tizimi;

- kalibrovka intervali va noaniqlik o'rtasida funksional bog'lanish mavjud;

- raqamli texnologiyalar metrologik jarayonlarni raqamlashtirish imkoniyatini yaratadi;

- kadrlar tayyorgarligi va xalqaro standartlarga moslashuv — samarali metrologik tizimning ajralmas qismi hisoblanadi.

Mazkur xulosalar asosida milliy metrologiya siyosatini xalqaro talablar asosida yanada takomillashtirish, intellektual va raqamli texnologiyalarni joriy etish tavsiya qilinadi.

Ushbu maqolada metrologiya va metrologiya ta'minotining nazariy va amaliy jihatlarini ilmiy tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, bu ikki tushuncha o'zaro chambarchas bog'liq bo'lsa-da, funksional va maqsad jihatidan farqlidir. Agar metrologiya fan

sifatida o'lchash birliklari, etalonlar va o'lchash usullarining nazariy asoslarini yaratgan, metrologiya ta'minoti esa ana shu asoslarni amaliyotga samarali tatbiq etish mexanizmlarini belgilaydi.

Ilmiy va amaliy metrologiyaning birgalikdagi vazifalari – o'lchash jarayonlarining aniqligini, takrorlanuvchanligini va qiyoslanuvchanligini ta'minlashdan iborat. Metrologiya ta'minoti esa bu jarayonlarni me'yoriy-huquqiy va tashkiliy jihatdan qo'llab-quvvatlaydi. Shuningdek, metrologiya ta'minoti milliy va xalqaro darajada o'lchash birligini ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga egadir.

Olib borilgan modellashirish natijalariga ko'ra, o'lchash noaniqligi va kalibrovka intervali o'rtasida logarifmik bog'lanish mavjud bo'lib, bunday qonuniyat metrologiya ta'minoti rejalarini optimallashtirish uchun ishonchli matematik asos yaratadi. Ushbu model real vaqtli intellektual o'lchash tizimlariga

tatbiq etilishi mumkin, bu esa metrologiya sohasida raqamlashtirish jarayonlarini tezlashtiradi.

Shu bilan birga, "Birlamchi nisbiy namlik birligi etaloni"ni yaratish bo'yicha amalga oshirilayotgan davlat grant loyihasi – O'zbekistonda ilmiy metrologiyani yuqori bosqichga olib chiqish, milliy kalibrovka infratuzilmasini mustahkamlash va xalqaro standartlarga muvofiq etalonlash tizimini shakllantirish yo'lida muhim qadam bo'lib hisoblanadi. Bu loyiha ilmiy natijalarning amaliyotga integratsiyasini ta'minlab, metrologiya ta'minotini mukammallashtirishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, kelgusida O'zbekistondagi metrologiya tizimini rivojlantirish, yangi avlod o'lchash vositalarini standartlashtirish va intellektual kalibrovka mexanizmlarini joriy etish uchun ilmiy-amaliy tadqiqotlar doimiy ravishda kengaytirilishi zarur. Bu esa mamlakat iqtisodiyoti, innovatsion sanoati va eksport salohiyatini oshirishda muhim omil bo'ladi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. O'zbekiston Respublikasining "Metrologiya to'g'risida" gi Qonuni. (2020).
2. <https://www.bipm.org>
3. OIML. (2022). International Recommendations. <https://www.oiml.org>
4. BIPM. (2023). International Vocabulary of Metrology (VIM).
5. ISO 17025:2017 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
6. Пузыревский, Ю. П. (2019). Метрология, стандартизация и сертификация. Москва: Академия.
7. Егоров, В. И. (2020). Основы метрологии. Санкт-Петербург: Лань.
8. Еникеев, М. А. (2018). Метрологическое обеспечение: современные подходы. Измерительная техника, №12.
9. Murodov, R. X. (2021). Metrologiya va texnik o'lchash vositalari. Toshkent: Fan.
10. Khripunov, A. (2021). Digital calibration in industrial metrology. Measurement, Elsevier.
11. Silva, A., et al. (2022). Trends in Legal Metrology for Smart Manufacturing. Journal of Measurement Science, 45(2), 123–138.
12. Palvan I. Kalandarov., Botirbek P. ugli Iskandarov. Flow-through moisture meter for measuring grain moisture as part of an automated grain moisture control system. Measurement Techniques, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11018-024-02354-6>
13. Kalandarov, P.I., Abdullaev, Kh.Kh., Khaitov, A.N., Sharifov, Kh.S., Murodova, G.F. Modeling of biotechnological objects. BIO Web of Conferences, 2024, 108, 25005
14. P.I. Kalandarov. (2023) O'lchashning fizikaviy asoslari. Darslik.
15. P.I. Kalandarov. (2022) Texnologik jaraenlarni kompyuterli boshqaruvi <https://staff.tiiame.uz/admin/books/30655>
16. Каландаров П.И., Логунова О.С., Андреев С.М. (2022). Научные основы влагометрии (Монография).



METROLOGICAL SUPPORT IN STANDARDIZATION

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
Head of the Department of Metrology, Technical Regulation,
Standardization and Certification
Professor Parogat Maylievna Matyakubova.

Annotation: This article examines the role of the metrological services and metrological support in the standardization system. It describes the history of metrology development, from ancient civilizations to modern trends such as nanometrology and biometrology. The functions and tasks of the metrological service are described in detail, including the development of measurement methods, calibration and verification of measuring instruments, personnel training and measurement quality control. It also discusses the importance of metrological support for improving product quality, reducing costs and complying with regulatory requirements. The article focuses on the key role of accurate measurements in increasing the competitiveness of products and the safety of technological processes. Particular attention is paid to international cooperation in the field of metrology and harmonization of standards, which contributes to the development of world trade and scientific and technological progress. In conclusion, a conclusion is made about the increasing importance of the metrological service in the context of globalization and accelerated technological development.

Keywords: Metrology, metrological service, metrological support, standardization, measurement accuracy, calibration, verification, international standards, nanometrology, biometrology, product quality, measurement traceability, quality control, international cooperation.

Introduction

Metrology, as a science of measurements, provides the basis for all aspects of standardization, industry and scientific research. The quality of manufactured products, control over compliance with standards and regulations, as well as safety in key industries such as medicine, energy, aviation and mechanical engineering depend on the accuracy and reliability of measurements. The metrological service and metrological support play an important role in this system, forming the infrastructure for ensuring the uniformity of measurements, which is critical for effective competition in international markets. Metrology, as a science of measurements, plays a key role in ensuring the quality of products and services. The metrological service and metrological support are integral elements of the standardization system, ensuring the accuracy and reliability of measurements, which, in turn, contributes to increasing the competitiveness of products in the market.

Historical overview of metrology

Metrology has ancient roots that go back centuries. The first attempts to standardize measurements can be traced back to ancient civilizations such as Egypt, Mesopotamia, and China. These cultures developed the first standards of length, mass, and volume that were used for trade and construction. Metrology continued to develop during the Middle Ages, especially in Europe, where the first guilds of craftsmen arose, requiring precise measurements to produce quality goods.

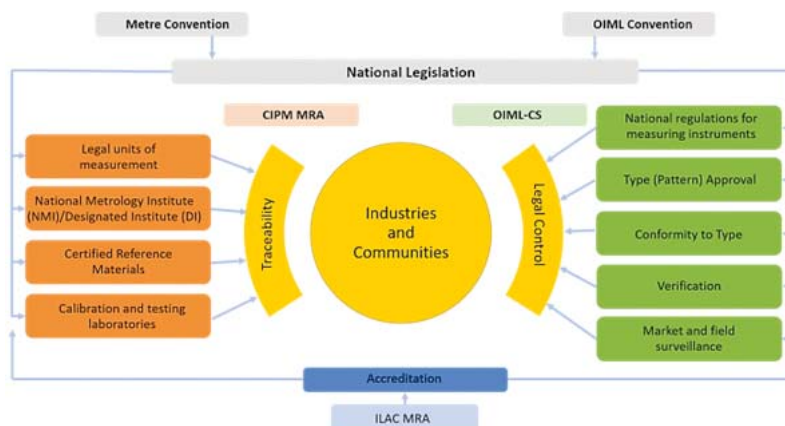
The history of metrology begins with ancient civilizations, when people began to realize the need to standardize units of measurement to ensure accuracy and fairness in trade, construction, and other areas. The first measurement systems appeared in Ancient Egypt, Mesopotamia, and China.

Ancient Egypt

In ancient Egypt, measurements played an important role in the construction of pyramids and the management of agricultural lands. One of the earliest standards of length, the Egyptian cubit, was used to determine the dimensions of land plots and building materials.

Mesopotamia and China

In Mesopotamia and China, complex systems of length, mass, and volume were developed to streamline trade and construction. At the time, metrological systems were primitive and relied on



specific objects, such as body parts or natural objects (such as grains or rocks).

The Middle Ages and the Development of Crafts

In the Middle Ages, the development of trade and craft production led to the need for more precise measurements. Craftsmen's guilds emerged in Europe, demanding uniformity of measurements to ensure the quality of products. This period was marked by the appearance of the first standards and measures of length, such as the yard and foot, which were used in England and other countries.

Modern metrology

Modern metrology began to take shape in the 18th century with the development of science and technology. In 1799, the metric system was introduced in France, which became the basis for the international system of units (SI). In the 20th century, metrology received a new impetus thanks to the development of electronics and computer technology, which made it possible to significantly increase the accuracy of measurements.

Metric system

The metric system, based on natural units and multiples of ten, was the first measurement system to gain widespread international recognition. It has since formed the basis of the International System of Units (SI), which is the standard for most countries in the world. It provides uniform measures of length (meter), mass (kilogram), time (second), and other physical quantities.

Development in the 20th century

The 20th century saw significant advances in metrology, thanks to advances in electronics and computer technology.

This allowed for greater precision in measuring instruments, which was critical for industries such as aerospace, medicine, and microelectronics.

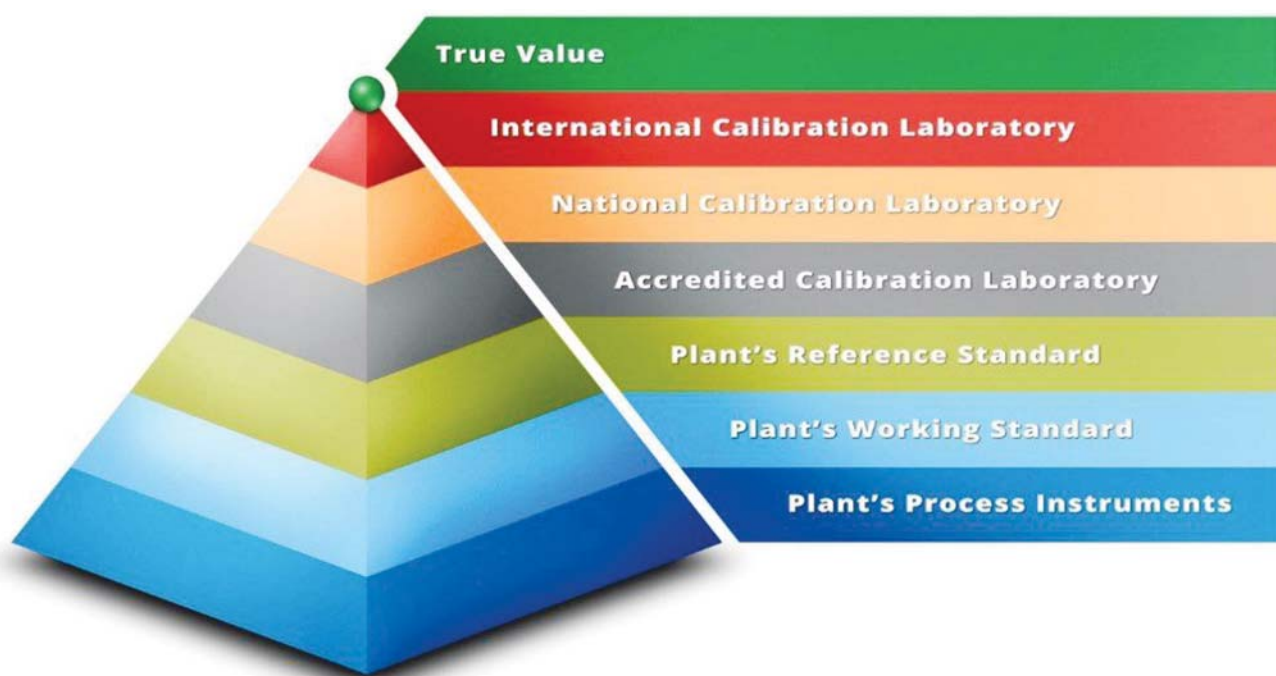
Metrological service: functions and tasks

Metrological service— are specialized organizations that provide development of standards, calibration and verification of measuring instruments. The main tasks of the metrological service include:

1. Development of measurement methods: creation of scientifically sound and reproducible methods that ensure high accuracy and stability of measurements.
2. Calibration and verification of devices: regular calibration and verification of measuring devices to maintain their functionality and accuracy.
3. Quality control of measurements: organization of control over the compliance of measurements with established regulatory requirements and standards.
4. Training of specialists: training of personnel capable of working with modern measuring instruments and carrying out complex measurements.
5. Development and implementation of new technologies: adaptation of modern achievements of science and technology to improve the efficiency and accuracy of metrological operations.

Metrological support in standardization

Metrological support includes a set of measures aimed at maintaining the unity and accuracy of measurements in various branches of industry and science. The main aspects of metrological support include:



Development of regulatory documents: Creation of standards regulating methods and means of measurement.

Implementation of modern technologies: Using the latest advances in science and technology to improve measurement accuracy.

International cooperation: Participation in international organizations and agreements for the harmonization of standards and measurement methods.

Ensuring traceability of measurements: Ensuring that measurement results can be traced back to international standards.

The importance of metrological service and metrological support

Accuracy and reliability of measurements are the basis for making correct management decisions, developing new technologies and ensuring product safety. Metrological service and metrological support contribute to:

Improving the quality of products: Accurate measurements allow you to control and improve product quality.

Reducing costs: Prevent rejects and reduce defects through accurate measurements.

Increasing consumer confidence: Guaranteeing the quality and safety of products increases consumer confidence.

Compliance with legal requirements: Conformity of products and services to established standards and regulations.

Examples from practice

Automotive industry

In the automotive industry, precise measurements are critical to producing quality and safe vehicles. For example, the calibration of machines that produce parts must be done with micron accuracy to ensure the reliability and safety of vehicles.

Medicine

In medicine, measurement accuracy also plays a key role. Metrological support of medical equipment, such as tomographs or ultrasound machines, is necessary for accurate diagnosis and treatment of diseases.

Food industry

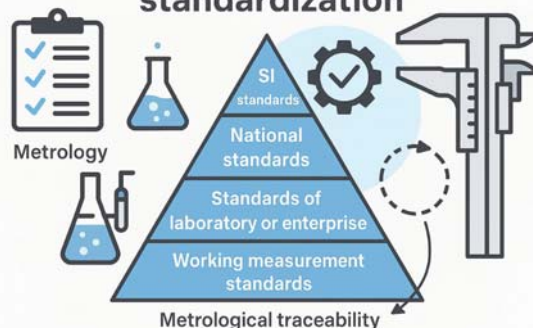
In the food industry, measurements are necessary to control the quality of products. For example, measuring the composition of products (sugar, salt, fat content, etc.) helps ensure that products comply with established safety standards and regulations.

Modern trends in metrology

Modern metrology is developing in response to new challenges of science and technology. Here are some key areas:

1. **Nanometrology:** measurements at the nanoscale are becoming increasingly important for microelectronics, nanotechnology and biomedicine. The development of new

Metrological support in standardization



devices capable of measuring parameters at the nanometer level is one of the key tasks of modern metrology.

2. **Biometrology:** measurements in biological systems require high accuracy and reproducibility. This is important for medicine, pharmaceuticals and agricultural technology, where the accuracy of measurements directly affects the results of research and production.

3. **Information technology:** the development of artificial intelligence and big data opens up new possibilities for the analysis and processing of measurements, which allows for increasing their accuracy and reliability.

Conclusion

The metrological service and metrological support are the most important components of the standardization system, forming the basis for reliable and accurate measurements in a wide variety of industries and sciences. They ensure the uniformity of measurements, which directly affects the quality of products, the safety of technological processes and competitiveness in the global market. Without accurate and reliable measurements, it is impossible to talk about high standards of quality, safety and efficiency.

Measurement accuracy is an integral part of modern production and technological development. Metrological support helps to minimize measurement errors, prevent defects and failures in production processes, which leads to a reduction in economic losses and an increase in business efficiency. The metrological service ensures that all measuring devices, systems and methods comply with modern requirements, thereby ensuring the reproducibility and comparability of measurement results at the international level.

In addition, the metrology service actively participates in the development and implementation of new technologies and standards, which allows measuring systems to be adapted to the requirements of the times. Modern trends, such as the development of nanometrology, biometrology and the use of information technology in data processing, indicate that metrology is actively developing, responding to the challenges of scientific and technological progress. The development of metrology is becoming especially important in such advanced



industries as medicine, microelectronics, aviation and space industry, where the accuracy of measurements plays a key role.

In the context of globalization and integration of international markets, the importance of metrological support increases even more. International cooperation in this area allows for the unification of measurement methods and means, and also facilitates trade and technology exchange between countries. Participation in international organizations such as the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the International Organization of Legal Metrology (OIML) helps countries maintain high standards and be competitive in the global market.

To ensure high-quality metrological services, it is important not only to have modern equipment, but also a high level of training of specialists. Training and certification of employees of metrological services, implementation of new methods and technologies, control over calibration and verification of devices - all this allows maintaining a high level of measurement quality and

promoting the development of science and technology.

Thus, the metrological service and metrological support play a decisive role in maintaining the stable development of technologies and production. They serve as a guarantor of quality, safety and reliability of products and services. Accurate metrological support is the key to successful competition in international markets, improving the quality of life and sustainable economic growth. In the future, the importance of metrology will only increase, as modern technologies require even higher measurement accuracy, and global competition will depend on the ability of companies and countries to adapt to these requirements.

The role of metrology in standardization and in various sectors of the economy cannot be overestimated. Without precise measurements, innovations, scientific discoveries and the creation of new types of products that meet international requirements are impossible. That is why the development of the metrological service and metrological support is a key factor in success on the path to sustainable and innovative development.

References:

1. GOST R 8.563-96 "State system for ensuring the uniformity of measurements". — A fundamental state standard that regulates the requirements for ensuring the uniformity of measurements in various industries.
2. Mishin V.M., Emelianov A.S. «Metrology, standardization and certification». — Moscow: Yurayt, 2015. — 480 p. Tishchenko V.P. «Fundamentals of Metrology». — Moscow: Academy, 2011. — 320 p. Kuznetsov V.I., Kruglov A.A. «Metrology and metrological support». — St. Petersburg: Piter, 2014. — 368 p.
3. International Bureau of Weights and Measures (BIPM). «Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement». — 2008. The Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, prepared by international organizations, is one of the fundamental documents for all those working in the field of metrology and standardization.
4. Kazansky A.N. «Metrological assurance of product quality». — Moscow: Mashinostroenie, 2008. — 256 p.
5. ISO 17025:2017 «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories». — International Organization for Standardization. The standard describes the general requirements for the competence of laboratories performing testing and calibration and is key to quality assurance in the field of measurements.
6. Nikitin N.P. «Metrological services and their role in the quality system». — Moscow: Standartinform, 2013. — 290 p.
7. Pekarev A.A., Chernyavskaya L.G. «Metrology: history, modernity, prospects». — Voronezh: VSU Publishing House, 2016. — 240 p.
8. Frantsevich I.I., Babich S.I. «Metrology and Quality Management». — Kyiv: Tekhnika, 2014. — 356 p.
9. OIML R 111:2004 «Weights of Classes E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3». — International Organization of Legal Metrology (OIML). This document describes international recommendations for the class of scales, which is important for metrological support in production and scientific laboratories.
10. Starikov N.I., Yakovleva E.M. «Metrological support and quality control of products». — Moscow: Alfa-press, 2012. — 384 p.
11. Tokarev V.L. «Metrology and standardization: Textbook». — Moscow: Yurayt, 2019. — 450 p.



DOZIMETRLAR QIYOSLASH USULLARI VA VOSITALARI

Xikmatov Elyor O'ktamovich,
O'zbekiston milliy metrologiya instituti bosh mutaxassisi.

Ismatullayev Sheraz Xamidullayevich,
O'zbekiston milliy metrologiya instituti bo'lim boshlig'i.

Nishonov Voxobjon Xamidulla o'g'li,
O'zbekiston milliy metrologiya instituti bosh mutaxassisi.

Annotatsiya: Ushbu maqolada dozimetrlar, ularning turlari va texnik xarakteristikalar hamda ularni qiyoslash usullari va vositalari yoritib berilgan.

Kalit so'zlar: Tibbiyot o'lchash vositalari, dozimetrlar, metrologiya, o'lchash xatoligi, qiyoslash.

Ionlovchi nurlanishlar va ularning birliklari.

Radioaktiv va rentgen nurlari odamning sezgi a'zolari ta'sirida ko'rinmaydi, ammo ularni fizik-kimyoviy jarayonlarga asoslangan ixtisoslashgan o'lchash vositalari va qurilmalar yordamida aniqlash mumkin.

Insonning radioaktiv va rentgen nurlari ta'siriga uchrashi nurlanish deyiladi. Ushbu ta'sirning asosi radiatsiya energiyasini tananing hujayralariga o'tkazishdir.

Nurlanish natijasida metabolik kasalliklar, yuqumli asoratlar, leykemiya va xavfli o'smalar, radiatsion bepustlik, radiatsion katarakt, radiatsion kuyishlar va radiatsiya kasalligi paydo bo'lishi mumkin.

Yadroviy nurlanishlarning moddaga ko'rsatadigan ta'siri **nurlanish dozalari** deb ataladigan kattaliklar bilan baholanadi. Shu kattaliklar bilan tanishib chiqaylik.

1. Nurlanayotgan moddaning birlik massasida yutilgan ionlovchi nurlanish energiyasi **nurlanish dozasi** deb ataladi:

$$D = \frac{W}{m} \quad (1)$$

W – modda yutgan ionlovchi nurlanish energiyasi

m – nurlanilayotgan moddaning massasi

SI da nurlanish dozasi o'lchov birligi qilib nurlanilayotgan 1 kg massali moddaga uzatilgan nurlanish energiyasi 1 J bo'lgandagi doza qabul qilingan.

Bu birliklarda ifodalanadi va grey (Gy) deb ataladi: Sistemadan tashqarida nurlanish dozasi Radlarda o'lchanadi. $1 \text{ Rad} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 10^{-2} \text{ Gy}$

Birlik vaqt davomida yutilgan nurlanish dozasi **nurlanish dozasi quvvati** yoki **doza quvvati** deyiladi:

$$N = \frac{D}{t} \quad (2)$$

SI doza quvvati Gy/s yoki W/kg larda o'lchanadi.

2. Rentgen nurlari yoki γ nurlanishning quruq havoning ionlashtirish effekti bo'yicha baholanadigan energetik xarakteristikasi **nurlanishning ekspozitsion dozasi** deb ataladi.

SI da ekspozitsion doza 1C/kg larda o'lchanadi. Rentgen nurlari yoki γ -nurlanishning 1 kg massali quruq havoda hosil qilgan birday ishorali ionlarning yig'indi zaryadi 1 C bo'lganda ekspozitsion doza 1C/kg ga teng bo'ladi. Sistemadan tashqarida ekspozitsion dozaning birligi rentgen (R) bo'lib, bu birlik amalda keng qo'llaniladi: $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$

Birlik vaqt ichida ekspozitsion dozaning orttirishi **ekspozitsion doza quvvati** deyiladi:

$$N_e = \frac{D_e}{t} \quad (3)$$

SI da ekspozitsion doza quvvati 1A/kg larda o'lchanadi. 1 s ichida quruq havoga uzatiladigan 1C/kg ekspozitsion dozaga 1A/kg ekspozitsion doza quvvati deyiladi. Ekspozitsion doza quvvatining SI ga

kirmaydigan birliklari 1R/s, 1R/min, 1R/soat dan iborat.

3. Nurlanish dozasi uning biologik ta'siriga qarab ham baholanishi mumkin. Bunda nurlanishning ekvivalent dozasiidan foydalaniladi.

Ekvivalent doza yutilgan nurlanish dozasi bilan ko'rilayotgan nurlanishning rentgen yoki γ -nurlanishlarga nisbatan nisbiy biologik aktivligini xarakterlovchi sifat koeffitsiyenti K ning ko'paytmasiga teng bo'ladi. Rentgen va γ -nurlanishlar uchun $K=1$; issiqlik neytronlari uchun $K=3$; 0,5 MeV energiyali neytronlar uchun $K=10$.

SI da ekvivalent doza J/kg larda o'lchanadi. Bu birlik zivert (Sv) deb ataladi. $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$. Amalda ekvivalent dozaning rentgenning biologik ekvivalenti ber (biologicheskii ekvivalent rentgena) deb ataladigan birligidan foydalaniladi. Rentgen yoki γ -nurlanishlarning bir rentgen dozasi biologik ekvivalent bo'lgan yutilgan nurlanish energiyasi **rentgenning biologik ekvivalenti** deyiladi. $1 \text{ ber} = 10^{-2} \text{ J/kg}$

Ekvivalent dozaning quvvati W/kg larda o'lchanadi.

Dozimetrlar va ularning vazifalari.

Ionlashtiruvchi va radioaktiv nurlanishni o'lchash uchun barcha o'lchash vositalari uch toifaga bo'linadi:

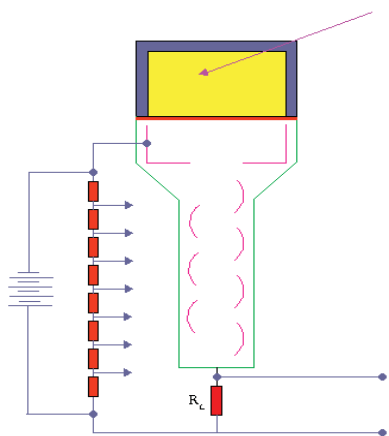


1-rasm. Dozimetr

radiometrik (radiometrlar), dozimetrik (dozimetrlar), yadro fizikasini tadqiq qilish uchun elektron uskunalar bloklari va qurilmalari (ionlovchi kameralari, proporsional hisoblagichlar va Geyger-Miyuller hisoblagichlari, toj va uchqun hisoblagichlari). Ushbu mavzu doirasida biz faqat dozimetrlar xaqida so'z olib boramiz.

Dozimetr - ma'lum vaqt oralig'ida ionlashtiruvchi nurlanish oqimining kattaligini va nurlanishning samarali dozasi





2-rasm. Sintillatsiya detektori

darajasini qayd etish va o'lchash uchun mo'ljallangan qurilma. Bundan tashqari, zamonaviy dozimetrlar gamma va rentgen nurlarini, shuningdek, beta zarralarini aniqlashga qodir.

Turli maqsadlarda va turli xil foydalanish sharoitlarida ishlatiladigan ko'plab dozimetr modellari ishlab chiqilgan, ammo ularning barchasi bir xil ishlash prinsipiga asoslanadi.

Dozimetrning asosini sezgir element - radioaktivlik sensori (**detektori**) tashkil etadi, u ionlashtiruvchi nurlanishni qayta ishlash va o'lchash uchun qulay bo'lgan elektr signalga yoki boshqa signalga aylantiradi. Detektor sifatida ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida elektr qarshiligini, rangini, kimyoviy tarkibini, yorug'lik chiqaradigan va hokazolarni o'zgartirishga qodir bo'lgan har qanday moddadan foydalanish mumkin.

Dozimetriyada eng ko'p ishlatiladigan detektorlar:

1. Sintillatsiya (chaqnash) detektori.

Bu detektor radioaktiv nurlanish natijasida chiqqan zarralar ta'sirida moddaning chaqna (sintillatsiyalar) yorug'lik chiqarishiga asoslangan. Tajriba ko'rsatadiki, agar yupqa rux sulfid qatlami bilan qoplangan ekranga radioaktiv moddadan chiqqan zarra kelib urilsa, ekranda lupa orqali ko'rib bo'ladigan yorug'likning chaqnashi vujudga keladi. Bu chaqnashlar **sintillatsiyalar** deb ataladi. Shunday chaqnashlar soniga qarab, radioaktiv moddaning ma'lum vaqt ichida, masalan, nechta α -zarra chiqarishini aniqlash mumkin. 2-rasmda shunday

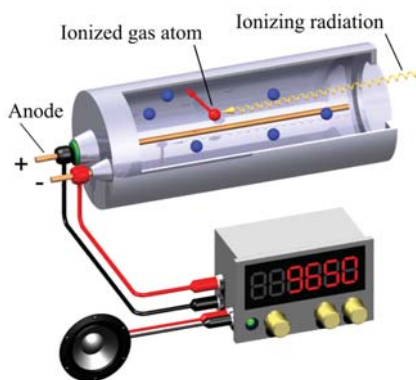
chaqnashlarni kuzatish imkonini beradigan sxema tuzilishi ko'rsatilgan.

Bu usul bilan yengil zarralar (masalan, p -zarralar)ni kuzatish qiyin, chunki ularning massasi va kinetik energiyasi juda kichik bo'lgani uchun ekranda juda kuchsiz nurlanish hosil qiladi.

2. Ionlashish schyotchigi

harakatlanayotgan zaryadli zarraning gaz molekulalari va atomlarini ionlashtirishiga asoslangan.

Ionlashish schyotchigining eng ko'p tarqalgan turi Geyger schyotchigi bo'lib, uning sxemasi 3-rasmda ko'rsatilgan. Geyger schyotchigi ichki tomoni metall qatlami (katod) bilan qoplangan shisha ballon va ballonning o'qi bo'ylab tortilgan ingichka metall tola (anod)



3-rasm. Geyger schyotchigi

dan iborat. Shisha ballon past bosim sharoitida gaz bilan to'ldiriladi. Buni silindrik kondensator deb qarash mumkin. Kondensatorga batareyadan qarshilik orqali kuchlanish beriladi. Agar kondensatorga zaryadlangan zarra uchib kirs, gaz molekularini ionlashtirib, gaz razryadini vujudga keltiradi. Natijada schyotchik orqali tok o'ta boshlaydi va qarshilik bo'ylab potensial kamayadi. Kuchlanishning bunday tebranishi kuchaytirgich va mexanik hisoblagichdan iborat qayd qiluvchi qurilmaga uzatiladi.

Shunday qilib, Geyger schyotchigi har bir ionlashtiruvchi zarrani qayd qiladi. Uning sezgirligi katta bo'lib, sekundiga 10000 zarrani qayd qila oladi.

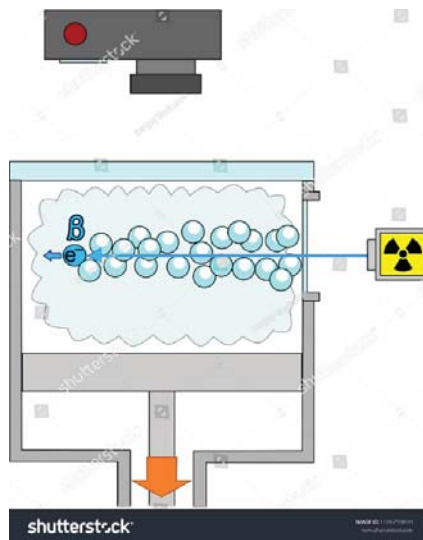
3. Vilson kamerasi havoda uchib

3. Vilson kamerasi havoda uchib o'tayotgan zarra hosil qiladigan ionlarning o'ta to'yingan bug' uchun kondensatsiya

markazi bo'lib qolishiga asoslangan. Bu kamerani 1912- yilda ingliz fizigi Vilson ixtiro qilgan. O'ta to'yingan bug' odatdagi sharoitlarda kondensatsiya boshlanadigan temperaturadan past temperaturali bug'dir. Bu holat chang zarralari va ionlari bo'lmagan bug'lardagina bo'ladigan beqaror holatdir.

Wilson kamerasining tuzilishi 4-rasmda tasvirlangan: u silindr, germetik yopilgan shisha qopqoq va harakatlanuvchi porshendan iborat. Kameraning ichida suv yoki spirtning to'yintiruvchi bug'i bor. Porshen pastga juda tez tushirilganda, kameraning ishchi hajmidagi (porshen ustidagi) havo adiabatik kengayadi va soviydi. Bunda havoning tarkibidagi suv bug'i o'ta to'yingan holatga o'tadi va kameraga silindr devorining darchasidan uchib kirgan zarra (masalan, *a*-zarra) hosil qilgan ionlarda kondensatsiyalanadi. Zarraning butun yo'lini suv tomchilari qoplaydi. Bu yo'l (ya'ni, zarraning qoldirgan izi) treklar deb ataladi. Kameraning ishchi hajmini yoritib, izlarni kuzatish yoki fotosuratga olish mumkin.

Wilson kamerasidagi izlar beradigan axborot schyotchiklardagidan ancha to'laroq bo'ladi. Izning uzunligiga qarab, zarraning energiyasini aniqlash, izning uzunlik birligidagi tomchilar soniga qarab, zarraning tezligini aniqlash mumkin. Umuman, izning ko'rinishiga qarab, ionlashtiruvchi zarraning tabiati to'g'risida fikr yuritish mumkin bo'ladi. Masalan, elektronning izi α -zarranikidan



4-rasm. Vilson kamerasi



ingichkaroq va uzunroq bo'ladi.

4. Pufakli kamera o'ta isitilgan suyuqlik ichida zaryadli zarra harakatlanganda hosil bo'ladigan ionlar ustida bug' pufakchalari paydo bo'lishiga asoslangan. Bu usul 1952- yilda amerikalik fizik D. Gleyzer tomonidan ixtiro qilingan.

Boshlang'ich holatda kameradagi suyuqlik yuqori bosim ostida bo'ladi, shuning uchun suyuqlikning temperaturasi atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasidan yuqori bo'lsada, u qaynab ketmaydi.

Tekshirilayotgan zarra kameradan uchib o'tishida suyuqlik molekularini ionlashtiradi. Xuddi shu vaqtda suyuqlikning bosimi kengaytiruvchi qurilma yordamida keskin pasaytiriladi. Suyuqlik o'ta isitilgan holatga o'tadi va qaynaydi. Bu vaqtda ionlarda juda kichik bug' pufakchalari paydo bo'ladi. Shuning uchun zarraning butun yo'li pufakchalar bilan qoplangan bo'ladi. Kamerani yoritib, izlarni kuzatish yoki fotosuratga olish mumkin.

Pufakli kamerada suyuqlik sifatida efir, suyuq vodorod, propan va boshqalar ishlatiladi.

Pufakli kameraning Vilson kamerasidan afzalligi, unda ishchi modda zichligining katta bo'lishidir. Shuning natijasida zarralar kuchli tormozlanadi va nisbatan qisqa yo'lni o'tib to'xtaydi. Shu sababli pufakli kamera yordamida juda katta energiyali zarralarni ham tekshirish mumkin.

5. Qalin qatlamli fotoyemulsiya detektor. Bu usul zaryadlangan zarra mayda donali fotoyemulsiya qatlamiga tushganda unda o'z yo'lining yashirin izini qoldirishiga asoslangan. Bu usul 1926-1929- yillarda L.V. Misovskiy, A.P. Jdanovlar tomonidan ixtiro qilingan. Fotoyemulsiya bo'lib kumush bromid (AgBr)ning mayda kristallari bo'lgan jelatin qatlami xizmat qiladi. Uning qalinligi 1 mm ga yaqin.

Tez harakatlanayotgan zaryadli zarra kristallga kirib, kumush bromidning ayrim molekularini parchalaydi. Bunday kristallar zanjiri yashirin tasvir hosil qiladi. Ularni ochiltirganda kristallarda

kumush metalli qayta tiklanadi va kumush donalarining zanjiri zarra izini hosil qiladi. Izning uzunligi va yo'g'onligiga qarab zarraning energiyasi va massasini aniqlash mumkin.

Fotoyemulsiyaning zichligi katta bo'lishi tufayli izlar juda qisqa bo'ladi, biroq ularni kattalashtirish va suratga olish mumkin.

Fotoyemulsiyalarning afzalligi ular ta'sirning uzluksiz va yig'indi xarakterda bo'lishidir. Bu hol noyob hodisalarni qayd qilishga imkon beradi.

Dizayniga va turiga qarab, dozimetr bir necha turdagi radiatsiyani yoki uning faqat bittasini - alfa, beta, gamma, rentgen yoki neytron nurlanishini o'lchashi mumkin. Bir necha turdagi nurlanishni o'lchashga qodir bo'lgan dozimetrlar ancha murakkab konstruksiyaga ega.

Dozimetrlar nurlanish darajasini o'lchash yoki radioaktiv xavfning ogohlantiruvchi vosita sifatida ishlatilishi mumkin. Funksional maqsadlariga ko'ra dozimetrlarni quyidagi guruhlariga bo'lish mumkin:

Indikatorlar - raqamli displeyga ega bo'lmagan, ammo radiatsiya xavfi bo'lgan taqdirda faqat yorug'lik yoki ovozli signal beradigan, sezgirligi past va aniqligi yuqori bo'lmagan oddiy dozimetrlar.

O'lchash vositalari nurlanish darajasini ko'rsatadigan raqamli yoki analog ko'rsatkichga ega bo'lgan fon nurlanishini o'lchash uchun dozimetrlar.

Razvedka-qidiruv qurilmalari odatda masofadan (tashqi) detektorlarga ega bo'lgan yuqori sezgirlikka ega dozimetrlar. Ushbu dozimetrlar nurlanishdagi eng kichik o'zgarishlarni izlash uchun foydalaniladi.

Dozimetrlar. Qiyoslash usullari va vositalari

Dozimetrlarni qiyoslash O'z DSt 3627:2023 "Foton nurlanishning doza quvvati o'lchagichlari va dozimetrlar. Qiyoslash usullari va vositalari" davlat standartiga muvofiq amalga oshiriladi.

Ushbu standart havodagi kerma va kerma quvvatini, ekspozitsion doza va ekspozitsion doza quvvatini, 0,005 dan 3 MeV gacha energiyali foton nurlanishining

ambiyent, yo'naltirilgan va individual doza ekvivalentlari (keyingi o'rinlarda - dozalar) hamda ambiyent, yo'naltirilgan va individual doza ekvivalentlarining quvvatini (keyingi o'rinlarda - doza quvvatlari) o'lchash uchun mo'ljallangan dozimetrik priborlarga taalluqli bo'lib, ularni birlamchi va davriy qiyoslash usullari va vositalarini belgilaydi.

Qiyoslash operatsiyalarini amalga oshirishdan oldin:

Qiyoslovchilarning malakasi bo'yicha:

O'lchash vositalarini qiyoslashdan o'tkazish ishlarini bajarishga maxsus metrologik tayyorgarligi bo'lgan va dozimetrlarni qiyoslovchi sifatida attestatlangan, shuningdek ushbu sohada ma'lum ish tajribasiga ega bo'lgan mutaxassislar qo'yiladi.

Qiyoslash o'tkazadigan mutaxassislar mazkur standartda, shuningdek qiyoslanadigan dozimetrlarning texnik va ekspluatatsion hujjatlarida bayon etilgan bilimlarga ega bo'lishlari kerak.

Qiyoslash ishlarini o'tkazishdan avval mutaxassislar xavfsizlik texnikasi, ishlab chiqarish sanitariyasi va mehnat muhofazasi bo'yicha instruktaj o'tishlari kerak.

Mutaxassislar qiyoslash o'tkazishda o'lchashlarning sifatsiz bajarilganligi va bajariladigan ishlarni amalga oshirish jarayonida olingan axborotning maxfiyligi uchun javobgar bo'ladilar.

Xavfsizlik talablari bo'yicha:

Dozimetrlarni qiyoslashdan o'tkazishda quyidagi xavfsizlik texnikasi talablariga rioya etilishi kerak:

- radiatsion xavfsizlik normalari (NRB-2006) va radiatsion xavfsizlikni ta'minlashning asosiy sanitariya qoidalar (OSPORB-2006);

- qo'llanadigan o'lchash vositalari va uskunalarning ekspluatatsion hujjatlarida bayon etilgan xavfsizlik talablari;

- tashkilot rahbari tomonidan tasdiqlangan xavfsizlik texnikasi bo'yicha va radiatsion xavfsizlik bo'yicha yo'riqnomalar talablari.



Qiyoslashdan o'tkazish jarayoni zararli mehnat sharoitidagi ishlar qatoriga kiritilishi kerak.

Bevosita dozimetrlarni qiyoslash shartlari:

Qiyoslash o'tkazilishida GOST 8.395 bilan belgilangan normal sharoitlarga amal qilinishi kerak.

- atrof muhit harorati (20 ± 5) °S;
- havoning nisbiy namligi (30-80) %;
- atmosfera bosimi (96 ± 4) kPa.

Texnik jihatdan asoslangan hollarda (nogermetik ionizatsion kameralar uchun) qiyoslashni normal sharoitlardan farq qiladigan sharoitlarda o'tkazishga yo'l qo'yiladi, bunda dozani (doza quvvatini) o'lchash natijasi quyidagi formula bo'yicha normal sharoitlarga x , Gy, keltirilgan bo'lishi kerak

$$x = x_i \frac{P_0 \cdot T}{P \cdot T_0} \quad (1)$$

bu yerda x_i – ishchi o'lchash sharoitlarida olingan o'lchash natijasi, Gy;

P_0 – normal atmosfera bosimi, 101,3 kPa;

T_0 – normal havo harorati, 293,15 K;

P – o'lchash paytida atmosfera bosimi, kPa;

T – o'lchash paytida havo harorati, K.

Qiyoslash paytida ionlovchi nurlanish foni detektorlash bloki joylashgan joydagi qiyoslanayotgan kichik diapazonning o'lchanayotgan fizik kattaligi qiymatining 0,01 dan oshmasligi kerak yoki qiyoslash o'tkazilishida hisobga olingan bo'lishi kerak.

Atrof muhitni nazorat qilish uchun

Qiyoslash vositasining nomi	Metrologik tavsiflari
Foton energiyasi 5 keV dan 3 000 keV gacha bo'lgan bo'shliq ionizatsion kameralariga ega ikkilamchi etalonlar (4-a rasm)	Havodagi kerma quvvati $1 \cdot 10^{-8}$ Gy/s dan 2 Gy/s gacha
Foton energiyasi 5 keV dan 3 000 keV gacha bo'lgan 1-chi yoki 2-chi razryadli ishchi etalon dozimetrik priborlar	Havodagi kerma quvvati $1 \cdot 10^{-10}$ Gy/s dan 2 Gy/s gacha
Ikkilamchi etalon dozimetrik uskunalar (4-b rasm)	Havodagi kerma quvvati $1 \cdot 10^{-8}$ Gy/s dan 1 Gy/s gacha Ambiyent doza ekvivalentining quvvati $1 \cdot 10^{-8}$ Sv/s dan $1 \cdot 10^{-2}$ Sv/s gacha
1-chi yoki 2-chi razryadli ishchi etalon dozimetrik uskunalar	Havodagi kerma quvvati $1 \cdot 10^{-10}$ Gy/s dan $1 \cdot 10^{-2}$ Gy/s gacha Ambiyent doza ekvivalentining quvvati $1 \cdot 10^{-10}$ Sv/s dan $1 \cdot 10^{-2}$ Sv/s gacha
Tormozlanish nurlanishining ishchi etaloni 10 MeV gacha	GOST 8.576 ga muvofiq.
Suvli yoki qattiq jisimli fantom (4-c rasm)	Standart o'lchami $30 \times 30 \times 15$ sm – ISO 4037-3 ga muvofiq

dozimetrlik priborlar detektorlash blokini qiyoslash havodagi kerma, ambiyent va yo'naltirilgan doza ekvivalentlarining birliklarida fantom mavjud emasligida amalga oshiriladi, individual dozimetrlarni qiyoslash individual doza ekvivalentining birliklarida – fantomdan foydalangan holda, dozimetrlarni fantomning old yuzasiga joylashtirib amalga oshiriladi.

Qiyoslashga tayyorgarlik:

dozimetrarni qiyoslashdan o'tkazishdan avval:

- qiyoslash paytida qo'llanadigan o'lchash vositalarini qiyoslash to'g'risidagi hujjatining amal qilish muddatini tekshirish;
- qiyoslashda qo'llanadigan o'lchash

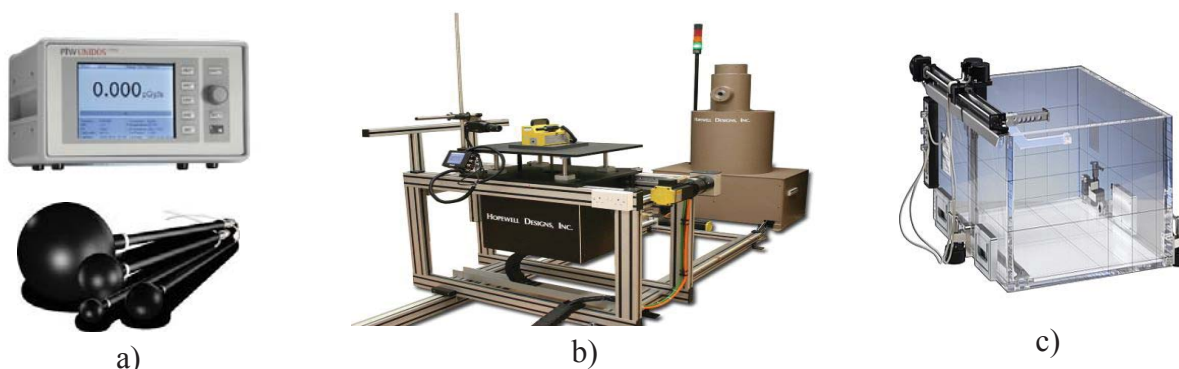
vositalarini ularning foydalanish bo'yicha qo'llanmasiga muvofiq ishlashga tayyorlash;

- qiyoslanadigan dozimetrik priborni va qiyoslash vositalarini ularning ekspluatatsion hujjatlariga muvofiq ishlashga tayyorlash;

- qiyoslash jarayonida normal atrof-muhit sharoitini nazorat qilish imkonini beradigan o'lchash vositalarini o'rnatish zarur.

Namunaviy o'lchash vositalari:

O'z DSt 3627:2023 dozimetrlarni qiyoslashdan o'tkazishda quyidagi namunaviy o'lchash vositalaridan foydalanish tavsiya etiladi. Qiyoslanadigan dozimetrlarning metrologik tavsiflari



4-rasm. a) Ionizatsion kameralariga ega ikkilamchi etalonlar, b) Ikkilamchi etalon dozimetrik uskunalar, c) Suvli yoki qattiq jisimli fantom



talab etilgan aniqlik bilan aniqlanishini ta'minlaydigan boshqa qiyoslash vositalaridan foydalanishga yo'l qo'yiladi.

Foydalanilayotgan etalonlarning o'lchash diapazonlari qiyoslanayotgan priborning o'lchash diapazoniga mos bo'lishi kerak. Qiyoslash vositalari o'rnatilgan tartibda qiyoslangan (kalibrlangan) bo'lishi va qiyoslash (kalibrlash) natijalarini tasdiqlaydigan amal qiluvchi hujjatlarga ega bo'lishi kerak.

Dozimetrlarni qiyoslashdan o'tkazish tartibi:

1. Tashqi ko'rik

Dozimetrlarni tashqi ko'rikdan o'tkazishda quyidagi operatsiyalar bajariladi:

- texnik va ekspluatatsion hujjatlar mavjudligi tekshiriladi;

- dozimetrlar butligining texnik va ekspluatatsion hujjatlar talablariga muvofiqligi tekshiriladi;

- pribor yoki detektorlash blokining korpusida ularning ishlashiga ta'sir qiladigan korroziya izlari, ifloslanish, mexanik shikastlar mavjud emasligi tekshiriladi;

- aniq ko'rinadigan va ishlab chiqaruvchining tovar belgisiga, zavod seriya raqamiga, tur nomi va belgisiga ega bo'lgan markirovka mavjudligi tekshiriladi.

Ushbu ko'rsatilgan barcha talablarga muvofiqlik aniqlangan taqdirda, tashqi ko'rik muvaffaqiyatli o'tgan hisoblanadi va keyingi bosqichga o'tiladi.

Agar tashqi ko'rik o'tkazilganda ushbu ko'rsatilgan talablar bo'yicha nomuvofiqliklar aniqlangan bo'lsa, u holda bosim o'lchagichlari keyingi qiyoslash bosqichlariga qo'yilmaydi va nomuvofiqligi to'g'risida xabarnoma rasmiylashtiriladi.

Izoh – Dozimetrik priborlarni, ularning ishga yaroqliligiga va qiyoslash natijalariga ta'sir qilmaydigan ehtiyot qismlar va jihozlarsiz qiyoslashni amalga oshirishga yo'l qo'yiladi.

2. Sinab ko'rish

Sinab ko'rish paytida:

- boshqaruv organlarining harakati;
- boshqaruv organlarining ishga yaroqliligi;

- pribor o'z-o'zini testdan o'tkazishi;
- dasturiy ta'minot (mavjud bo'lsa, ichiga o'rnatilgan yoki tatbiqiy);

- ta'minotni yoqish va o'chirish va kichik diapazonlarni qayta ulash paytida nolni o'rnatish mumkinligi (mavjud bo'lsa);

- nazorat qilish manbasidan pribor sezuvchanligini nazorat qilishda, uning ko'rsatishlari, agar u qiyoslayotgan pribor to'plamiga kiritilgan bo'lsa, tekshirilishi shart.

Ushbu ko'rsatilgan barcha talablarga muvofiqlik aniqlangan taqdirda, sinab ko'rish jarayoni muvaffaqiyatli o'tgan hisoblanadi va keyingi bosqichga o'tiladi.

Agar sinab ko'rish o'tkazilganda nuqsonlar aniqlangan bo'lsa, o'lchash vositasini qiyoslash ishlari davom ettirilmaydi va yaroqsizligi to'g'risida xabarnoma rasmiylashtiriladi.

3. Metrologik xususiyatlarini aniqlash

3.1. Asosiy nisbiy xatolikni aniqlash

Qiyoslanayotgan priborlarning asosiy xatoligi quyidagi usullarning biri bilan aniqlanadi:

A) *komparator yordamida etalon dozimetrik pribor bilan solishtirish usuli bilan*

Komparator yordamida solishtirish usuli nazorat qilinayotgan manba maydonining yoki dozimetrik qurilma maydonining tavsiflarini ma'lum etalon manbai yoki maydonining mos tavsiflari bilan taqqoslashdan iborat.

Komparator sifatida etalon dozimetrik pribor yoki barqaror o'lchash tizimiga ega detektorlash bloki qo'llanadi. Komparator o'lchash vaqtida 1 % dan ko'p bo'lmagan nobarqarorlikda 0,5 % dan ko'p bo'lmagan xatolik bilan ko'rsatishlar sanog'ini ta'minlashi kerak. Komparatoridan foydalanilganda dozimetrik priborlar – dozimetrik qurilma maydonida bir vaqtning o'zida yoki navbatma-navbat joylashtirilgan qiyoslanadigan va etalon priborlarning ko'rsatishlari solishtiriladi.

B) *etalonlar (etalon dozimetrik qiyoslash uskunalari) foton nurlanish dozasini (doza quvvatini) to'g'ridan-to'g'ri o'lchash usuli bilan.*

Radiatsion maydonlarning o'xshashlik usuli ma'lum kuchsizlanish karraligining filtrlari to'plami bilan etalon dozimetrik qurilma radiatsion maydonini qo'llash orqali amalga oshiriladi. Usul priborning doza quvvatining qiymatlari katta bo'lgan kichik diapazonlarini qiyoslash paytida qo'llaniladi; qiyoslanayotgan priborning detektorlash bloki gamma nurlanish manbaidan istalgan yaqin masofada o'rnatiladi. A_f ma'lum kuchsizlanish karraligi filtri yordamida har bir qiyoslangan kichik diapazon yakuniy qiymatining 0,3–0,4 va 0,6–0,8 ni tashkil qiladigan N_{1-1} pribor ko'rsatishi tanlanadi. So'ng pribor doza quvvatining katta qiymatlariga ega keyingi kichik diapazonga qayta ulanadi, filtrlar olib tashlanadi. Pribor ko'rsatishi quyidagiga teng bo'lishi kerak

$$H_i = N_{(i-1)} \cdot A_f(2)$$

bu yerda, A_f – mos ravishda kichik diapazonning tanlangan nuqtalaridan har biri uchun filtr karraligi.

Qiyoslanayotgan priborlarning asosiy nisbiy xatoligini aniqlash paytida detektorlash bloki sezuvchanlik sohasining markazi foton nurlanish taramining markaziy o'qida yoki, agar maydon diffuzion maydon bo'lsa, maydon markazida joylashishi kerak. Maydon kesimi va o'lchamlariga qo'yilgan talablar

GOST 8.087 ga muvofiq bo'lishi kerak. Bir vaqtning o'zida maydonga bir nechta detektorlash bloklarini o'rnatishda ularning sezuvchanlik sohasi markazlaridan o'tadigan va nurlanish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan tekislikdagi maydon bir jinsli bo'lishi kerak.

Izoh – Detektorlash bloklarining sezuvchanlik sohasi markazi deb:

- bo'shliq kameralari uchun ularning geometrik markazi;

- ssintillyatsion kristallar va gamma-hisoblagichlar asosidagi detektorlar uchun ishlab chiqaruvchi tomonidan detektorlash blokiga qo'yilgan belgi;

- diafragma turidagi kameralar uchun nurlanish taramini cheklaydigan kirish oynasi tekisligining geometrik markazi qabul qilinadi.

Qiyoslash dozimetrik qukrilmasining



metrologik attestatsiya sertifikatini yoki qiyoslash to'g'risidagi hujjatidan rentgen yoki gamma-nurlanish dozasi quvvatining haqiqiy qiymati tanlanadi.

Qiyoslash uchun har bir dekadada (diapazonda) kamida bittadan nuqta tanlanadi – birinchi dekada minimal qiymatining (1,25 yo 0,15) va qolgan dekadalar maksimal qiymatining (0,70 yo 0,2).

O'lchashlar xatoligi 8 % dan kam bo'lgan priborlar uchun kamida besh marta, xatoligi 8 % dan ortiq bo'lgan priborlar uchun kamida uch marta amalga oshiriladi. Xatoligi 20 % dan kam bo'lgan priborlar uchun o'rta arifmetik qiymat hisoblanadi, xatoligi 20 % dan ortiq bo'lgan priborlar uchun doza quvvatining haqiqiy qiymatidan maksimal uzoqlashgan pribor ko'rsatishi aniqlanadi.

Pribor ko'rsatishlari, qiyoslash bayonnomasida qayd etiladi. Qiyoslash bayonnomasida nazorat radioaktiv manbasidan pribor sezuvchanligini nazorat qilishda uning ko'rsatishlari ham qayd etiladi.

3.2. Tuzatish ko'paytirgichini aniqlash.

Xatoligi 8 % dan kam bo'lgan dozimetrik priborlar uchun qiyoslanayotgan pribor bilan o'lchangan doza yoki doza quvvati qiymatining haqiqiy qiymatga muvofiqligi S_i tuzatish ko'paytirgichini quyidagi formula bo'yicha hisoblash orqali aniqlanadi

$$C_i = \frac{X_o}{X_i} \quad (3)$$

bu yerda, X_o – etalon o'lchash vositasining ko'rsatishlari bo'yicha i-chi nuqtadagi doza yoki doza quvvatining qiymati;

X_i – qiyoslanayotgan pribor bilan i-chi nuqtada amalga oshirilgan doza yoki doza quvvatini o'lchashning o'rta arifmetik qiymati.

Tuzatish ko'paytirgichining qiymati 0,9 dan 1,1 gacha diapazonda bo'lishi kerak.

Xatoligi 8 % dan ortiq bo'lgan dozimetrik priborlar uchun S_i tuzatish ko'paytirgichining qiymati aniqlanmaydi..

3.3. Sezuvchanlikning energetik bog'liqligini aniqlash

Qiyoslash o'tkazish paytida sezuvchanlikning energetik bog'liqligini aniqlash faqat xatoligi 8 % gacha bo'lgan dozimetrik priborlar uchun bajariladi.

Xatoligi 8 % dan ortiq bo'lgan dozimetrik priborlar uchun sezuvchanlikning energetik bog'liqligi faqat davlat sinovlaridan o'tkazish paytida aniqlanadi.

Sezuvchanlikning energetik bog'liqligi qiyoslanayotgan pribor butligiga kiradigan va foton nurlanish dozasi yoki dozasiining quvvatini o'lchash uchun mo'ljallangan har bir detektorlash bloki uchun aniqlanadi.

Energetik bog'liqlik priborning ekspluatatsion hujjatlarida ko'rsatilgan foton energiyalarining ishchi diapazonida (shu jumladan diapazonning chetki nuqtalarida) bir tekis taqsimlangan kamida uchta energiya qiymatida priborning bitta dekadasi (kichik diapazoni)da aniqlanadi.

Har bir energiya qiymatida o'lchashlar kamida besh marta amalga oshiriladi.

O'lchash natijalari sifatida o'rta arifmetik qiymat qabul qilinadi. O'lchash natijalari bayonnomada qayd etiladi va (3) formula bo'yicha S_i tuzatish ko'paytirgichining nurlanish energiyasiga bog'liqligi aniqlanadi.

Agar S_i tuzatish ko'paytirgichining qiymati butun qiyoslanayotgan energetik diapazonda yoki 2 % dan ko'p bo'lmagan miqdorga o'zgarsa, qiyoslash natijalarini tasdiqlovchi hujjatda uning o'rta arifmetik qiymati ko'rsatiladi. Agar chetga chiqish yoki 2 % dan oshsa, S_i tuzatish ko'paytirgichining energiyaga bog'liqligi grafik yoki jadval shaklida ko'rsatiladi va qiyoslash natijalarini tasdiqlovchi hujjatga ilova qilinadi.

3.4. O'lchash natijalariga ishlov berish

Xatoligi 8 % dan kam bo'lgan qiyoslanayotgan dozimetrik priborlar asosiy nisbiy xatoligining ishonchli chegaralari etalon o'lchash vositalarining xatoligini va birlik o'lchamini uzatish usulini hisobga olgan holda har bir qiyoslanadigan nuqta uchun quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$\delta = \alpha \sqrt{\theta_0^2 + S_i^2 + \Delta_0^2} \quad (4)$$

bu yerda, α – P ishonchli ehtimollik bilan ($P=0,95$ uchun 1,1 ga teng) aniqlanadigan koeffitsiyent;

– istisno qilinmagan sistematik xatolik – uning yordamida qiyoslash o'tkaziladigan etalon dozimetrik uskuna yoki etalon o'lchash vositasining xatoligi (qiyoslash, kalibrash yoki metrologik attestatsiyadan o'tkazish natijalarini tasdiqlovchi hujjatdan), %;

Δ_0 – birlik o'lchamini uzatish usuli xatoligining ishonchli chegaralari (GOST 8.034-82 ga asosan qiymat 0,8 % ga teng olinadi), %;

S_i – o'lchanayotgan kattalikning o'rta hisobda ko'rsatilgan qiymatini aniqlash xatoligining quyidagi formula bo'yicha aniqlanadigan ishonchli chegaralari

$$S_i = \frac{300}{X_i} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n(n-1)}} \quad (5)$$

bu yerda, $()$ – i-chi nuqtada doza (doza quvvati)ni o'lchashning o'rta arifmetik qiymati;

n – o'lchashlar soni.

δ asosiy nisbiy xatolik chegarasining olingan qiymati priborning ekspluatatsion hujjatlarida ko'rsatilgan δ_{dop} joiz nisbiy xatolik chegarasining qiymatidan oshmasligi kerak.

Xatoligi 8 % dan 20 % gacha bo'lgan dozimetrik priborlar asosiy nisbiy xatoligining ishonchli chegaralari quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$\delta = \alpha \sqrt{\theta_0^2 + \delta_{pr}^2} \quad (6)$$

bu yerda, δ_{pr} – foizlarda quyidagi formula bo'yicha hisoblanadigan, qiyoslash paytida i-chi nuqtada doza (doza quvvati)ni o'lchash nisbiy xatoligi

$$\delta_{pr} = \frac{(X_i) - X_o}{X_o} \cdot 100 \quad (7)$$

bu yerda X_o – doza (doza quvvati) ning etalon qiyoslash uskunasi qiyoslash yoki metrologik attestatsiyadan o'tkazish natijalarini tasdiqlovchi hujjatdan olingan yoki etalon dozimetrik pribor bilan o'lchash natijasining o'rta arifmetik qiymati sifatida aniqlangan haqiqiy qiymati.



δ asosiy nisbiy xatolik chegarasining olingan qiymati priborning ekspluatatsion hujjatlarida ko'rsatilgan δ_{dop} qiymatidan oshmasligi kerak.

Xatoligi 20 % dan ortiq bo'lgan dozimetrik priborlar uchun qiyoslanayotgan pribor ko'rsatishlari quyidagi chegaralarda bo'lishi kerak

$$X_0 - \Delta \leq X_{(i \max)} \leq X_0 + \Delta \quad (8)$$

bu yerda, D – qiyoslanayotgan pribor joiz xatolik chegarasining o'lchanayotgan kattalik birliklaridagi qiymati;

$X_{i \max}$ – doza (doza quvvati)ning maksimal qiymati.

Pribor asosiy xatoligining ishonchli chegarasi sifatida har bir tanlangan qiymat uchun aniqlangan, belgisi hisobga olinmagan barcha xatolik qiymatlarining eng kattasi qabul qilinadi.

Etalon pribor bilan o'lchangan yoki etalon qiyoslash uskunasi qiyoslash yoki metrologik attestatsiyadan o'tkazish natijalarini tasdiqlovchi hujjatdan olingan havodagi K kerma birligidan ambiyent, yo'naltirilgan yoki individual doza ekvivalentlarining birligiga o'tishda quyidagi formuladan foydalaniladi

$$H_0 = h \cdot K_0 \quad (9)$$

bu yerda, K_0 – kerma (kerma quvvati) ning haqiqiy qiymati;

h – havodagi kermaning ambiyent, yo'naltirilgan yoki individual doza ekvivalentiga o'zgarish koeffitsiyenti.

Izoh– Koeffitsiyentlarning qiymatlari fotonlar energiyasi va doza turiga bog'liq holda ISO 4037-3 [1] keltirilgan.

Doza va doza quvvatining olingan qiymatlari tegishli doza birliklarida darajalangan qiyoslanayotgan pribor bilan o'lchangan doza va doza quvvatining qiymatlari bilan solishtiriladi.

Etalon pribor bilan o'lchangan yoki uskunani qiyoslash yoki metrologik attestatsiyadan o'tkazish natijalarini tasdiqlovchi hujjatdan olingan, havodagi K kerma birliklaridan ekspozitsion doza birliklariga o'tishda quyidagi formuladan foydalaniladi

$$X = 8,76 \cdot 10^3 \cdot (1-g) \cdot K_0 \quad (10)$$

bu yerda, K_0 – kerma (kerma quvvati) ning haqiqiy qiymati;

g – havodagi tormozlanish nurlanishiga ketadigan ikkilamchi elektronlar energiyasining ulushini hisobga oluvchi o'lchamsiz koeffitsiyent (Co-60 uchun $g = 0,0032$, Cs-137 uchun $g = 0,0015$).

Izoh – g koeffitsiyentlarning qiymatlari fotonlar energiyasi va nurlanish turiga bog'liq holda GOST 8.087 - 2000 keltirilgan.

Ambiyent, yo'naltirilgan yoki individual doza ekvivalentlarining birliklarida darajalangan dozimetrik priborlar asosiy xatoligining ishonchli chegaralarini havodagi kermada darajalangan etalon o'lchash vositalari bo'yicha aniqlash paytida o'tish koeffitsiyentlarini aniqlash xatoligi (4) va (6) formulalar bo'yicha hisob-kitobdagi istisno qilinmagan sistematik xatolik sifatida hisobga olinishi va ular ildiz ostida qo'shilishi kerak. Ambiyent, yo'naltirilgan va individual doza ekvivalentlari uchun = 2 %.

Qiyoslash natijalarini rasmiylashtirish

Qiyoslash natijalarini rasmiylashtirishda agar qiyoslash natijalari ijobiy bo'lsa O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020 yil 29 avgustdagi 528-son qarori bilan tasdiqlangan O'lchash vositalarini qiyoslashdan o'tkazish qoidalariga muvofiq qiyoslash guvohnomasini rasmiylashtiradi, qiyoslash natijalari salbiy bo'lganda shu qoidalar asosida yaroqsizlik haqida xabarnoma beriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Joseph D. Bronzino. The Biomedical Engineering HandBook, Second Edition. CRC Press LLC, 2000, 3189 p.
2. John G. Webster eds. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, Second Edition. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. 2006, 544 p.
3. G.J.Jarilkasova, D.R.Adizova "Amaliy tibbiyotdagi yangi texnologiyalar" O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, Toshkent-2012, 207 bet
4. Nishonov V.X., Mo'minov N.Sh. "Metrological support system in the field of health care of the Republic of Uzbekistan" European Journal of Research Development and Sustainability, impakt faktor 7455, 2 son, Fevral-2021, Ispaniya
5. Nishonov V.X., Mo'minov N.Sh., Abdugalilova X.K. "Metrological control of medical measuring devices and equipment in the health care system" "Tibbiyot va meditsina" jurnali, ISSN: 2181-1644, Fevral 2022, O'zbekiston
6. O'z DSt 3627:2023 "Dozimetrilar. Qiyoslash usullari va vositalari" davlat standarti.
7. Nishonov V.X., Mo'minov N.Sh., Almir Badnjevich "O'zbekiston Respublikasida qonunlashtiruvchi tibbiyot metrologiyasi samaradorligi" Ilm-fan va innovatsion rivojlanish jurnali, Yanvar-2023, 1 son 42-53 betlar, Toshkent – O'zbekiston
8. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining "O'zbekiston Respublikasida metrologiya xizmatlari ko'rsatish tartibini takomillashtirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi 2020 yil 29 avgustdagi 528-son qarori.
9. O'zbekiston standartlashtirish, metrologiya va sertifikatlashtirish agentligi hamda O'zbekiston Respublikasi sog'liqni saqlash vazirligining "Metrologiya tekshiruvdan o'tkazilishi lozim bo'lgan tibbiyot uchun mo'ljallangan o'lchash vositalari va sinash vositalarining ro'yxatini tasdiqlash to'g'risida"gi 2017 yil 22 avgustdagi 2916-sonli qarori.



ҲАВО ОҚИМИНИ ТЕЗЛИГИНИ ЎЛЧАШ ҚУРИЛМАСИНИ ЯРАТИШ

Бабашев Қутлимурат,
Ўзбекистон техник жиҳатдан тартибга
солиш агентлиги бош мутахассиси, т.ф.н.

Пўлатов Тоҳир,
Тошкент шаҳридаги Турин политехник
университети дотценти, PhD.

Алишеров Хусан,
Ўзбекистон техник жиҳатдан тартибга
солиш агентлиги бўлим бошлиғи, магистр.

Аннотация: Мақолада бугунда саноат, қурилиш, инсонлар саломатлиги ва хавфсизлиги соҳаларида ҳаво оқимини ўлчашнинг зарурияти. Бугунги кунда анемометрларни метрологик текширувдан ўтказишни амалга ошириш йўналишида олиб борилаётган илмий лойиҳа мазмуни, унинг аҳамияти тўғрисида маълумотлар келтирилган.

Калит сўзлар: Тезлик, шамол йўналиши, анемометр, радар, радио акустик система, аэродинамик ускунаси, сифат.

Бугунги кунда ҳаво оқими тезлигини аниқловчи қурилмаларни юқорида қайд қилинган йўналишларда аниқлаш бўйича жаҳон талабларига жавоб берадиган қурилмани республикамізда яратиш авваломбор инсон саломатлиги ва хавфсизлигини таъминлаш ҳамда ишлаб чиқариладиган маҳсулот сифатини оширишда муҳим ўрин эгаллайди.

Республикамізда олиб борилаётган кенг қўлмал қурилиш ишлари, қишлоқ хўжалигини замонавий технологияларни жорий этган ҳолда ривожлантириш, янги топилган тоғ-кон манбааларини ўзлаштириш, спорт мусобақаларини ўтказишда ўлчашлар аниқлигини таъминлаш, саноат ишлаб чиқаришда инсон саломатлиги ва унинг хавфсизлиги таъминлаш масалалари бевосита ҳаво оқимининг тезлигини ўлчаш билан боғлиқ жараёнларга боғлиқ ҳисобланади.

Ҳозирда мамлакатмізда анемометрларнинг метрологик назоратини тўла амалга ошириш, мавжуд қурилмаларнинг метрологик ва техник кўрсаткичлари мамлакатимиздаги саноат корхоналари талабларини тўла қаноатлаштиради деб бўлмайди.

Қайд этилган масаланинг ечимини таъминлаш, жумладан, мамлакатимизда метрология соҳасида илмий асосланган усулларни яратиш, юқори аниқликдаги ўлчаш воситалари ва қурилмаларини ишлаб чиқиш, юқори малакали ходимларни тайёрлаш, соҳага замонавий ахборот технологияларини кенг жорий этиш борасида тизимли ишлар амалга оширилоқда. Хусусан, илмий фаолиятга оид давлат мақсадли дастури доирасида Тошкент шаҳридаги Турин Политехника

Университети, Ўзбекистон техник жиҳатдан тартибга солиш агентлиги ҳамда Ўзбекистон миллий метрология институти ҳамкорлигида “Ҳаво оқимини тезлигини ўлчаш воситаларини (анемометр) қиёслаш ва калибрлаш қурилмасини (аэродинамик труба) яратиш” мавзусида лойиҳа амалга оширилмоқда.

Яратилиши белгиланган аэродинамик қурилма республикаміздаги метрологик таъминот соҳасида энг юқори аниқликни таъминловчи қурилма бўлиши кутилмоқда. Бу ўз навбатида тегишли соҳаларда талаб қилинган сифатни таъминлашга замин бўлиб хизмат қилади.

Ҳаво оқимини тезлигини ўлчаш қуйидаги соҳалар фаолиятида кенг қўлланилади:

- маиший ва ишлаб чиқариш биноларидаги санитар, экологик ва техник текшириш;
- атроф-муҳит сифатини ва атмосферага чиқарилаётган ифлослантирувчи моддаларни назорат қилиш, атроф-муҳитни мониторинг қилишда;
- конденциялаш, иситиш ва вентиляциялаш тизимларида;
- кимёвий, тоғ-кон саноати корхоналаридаги барча категориядаги шахта ва конлар;
- кўтариш машиналари, вишкалар, юк кўтариш кранлари ва бошқа шамолдан ҳимояланиш қурилмалари билан жиҳозланган объектларда ишлаганда хавфсизликни таъминлаш;
- аэродинамик синовларни ўтказишда;
- метеорологик ўлчашларни амалга ошириш;
- авиация, ҳарбий-ҳаво кучлари, аэропортларда.

Юқорида кўрсатиб ўтилган қўлланиш соҳалари қонунчилик метрологиясига оид бўлиб, ҳаво оқими тезлигини ўлчаш воситалари мажбурий метрологик текширувдан ўтказилиши белгиланган.

Мазкур амалий лойиҳа ҳаво оқими тезлигини ўлчаш усуллариини такомиллаштириш, яъни ҳаво оқимини 0,1 дан 80 м/с тезликлар оралиғида ўлчаш учун қурилма (кейинги ўринларда - қурилма) яратишга йўналтирилган. Қурилма анемометр ишлатиладиган соҳаларда уларнинг тўғри ишлашини таъминлашга замин яратади.

Тадқиқот жараёнида ҳаво оқими тезлигини ўлчашга мўлжалланган қурилманинг тажрибавий намунасини яратиш, шунингдек, ушбу қурилмадан фойдаланган ҳолда анемометрларни қиёслаш услубиятлари ҳамда жараёнларни автоматлаштириш мақсадида дастурий таъминот ишлаб чиқилиши назарда тутилган.

Бундан ташқари қурилма ҳаво оқими тезлигини ўлчашга оид тадқиқотлар ўтказиш, анемометрларни қиёслаш ва калибрлаш, босимни қабул қилиш ва бошқа ўлчаш воситаларини тадқиқ қилишда қўлланилиши мумкин.

Назарий томондан синов қурилмасининг ишчи зонаси





1-расм. Анемометрларнинг фойдаланиш соҳаси

геометрияси ва синов усули ишлаб чиқирилиши, ишчи зонада тенг тезликлар таъминланаш, назарий усулда хатоликларни, намунавий акустик анемометр орқали калибрлаш коэффициенти ва оқим тезлиги ўртасидаги боғлиқликни аниқш вазифалари белглаб олинган.

Ишлаш принципи аэродинамик контур элементлари ёрдамида шакллантириладиган текис тақсимланган ҳаво оқимини ҳосил қилишга ҳамда ҳаво оқимини тезлик напорининг ўлчанган қиймати бўйича ҳаво зичлигини ҳисобга олган ҳолда ҳисоблашга асосланган.

Қурилма тўғри оқимли аэродинамик схема бўйича бажарилган аэродинамик контурдан, қисман ростланадиган электроюритмали радиал вентилятор базасида тузилган куч қурилмасидан, пневмометрик усул асосида оқим параметрларини ўлчаш тизимидан ташкил топади.

Ҳаво оқимининг юқори сифати аэродинамик контур элементлари ёрдамида таъминланади, жумладан:

- ҳавонинг контурга равон киришини таъминловчи киритиш коллектори, текис турбулент структурали оқимни ҳосил қилиш ва айланма уярмавий турли бирхилликнинг олдини олиш учун мумкатак (хонейкомб) ли форкамера;
- оқим ядросининг зарур бўлган равонлиги таъминловчи, юқори даражада қисилган сопло;
- ўлчаш воситасини синаш учун қурилмага жойлаштиришга мўлжалланган, ишчи қисм;
- вентиляторга киришда оқимнинг тўхтаб қолишида узлуксиз оқимини таъминловчи, очиқ бурчакли диффузор.

Тезлиги 1 м/с дан кам бўлган ҳаво оқимини ҳосил қилиш учун парракга кириш жойига панжарали дроссел қурилма қўзда тутилган. Лаборатория хонасига чиқариб юборилаётган парракдан чиқишда тезликни ҳамда ҳаво пульсациясини камайтириш мақсадида аэродинамик қурилманинг тескари канали функцияси вазифасини бажарувчи дроссель ўрнатилади. Пневмометрик тизим конструкцияси форкамерадаги тўлиқ босимни, ишчи қисмдаги статик босимни, улар фарқини, шунингдек, форкамерадаги ҳаво ҳарорати, намлиги ва қурилма ўрнатилган хонадаги ҳаво босимини мустақил ҳолда ўлчаш имконини беради. Дастурий таъминот тезкор метрологик назорат учун ўлчанган тезлик қиймати хатолигини баҳолаш имконини яратади. Метрологик хизматларни олиб боришда берилган оқим тезлигининг талаб этиладиган аниқлигини, максимал автоматлаштириш

даражасини, шунингдек, мақбул габарит ўлчамлар ва массани таъминлайди.

Тадқиқот жараёнида ҳаво тезлигини ўлчаш учун прототип қурилма ишлаб чиқилади. Қурилма ёрдамида анемометрларни қиёслаш ва калибрлаш услубияти ишлаб чиқилади ҳамда қиёслаш ва калибрлаш жараёнларини автоматлаштириш мақсадида дастурий таъминот ишлаб чиқилади. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида барча турдаги анемометр ускуналарни юқори аниқликда текшириш ва калибрлаш имконияти яратилади.

Бу ўз навбатида қурилиш ишлари бажариш жараёнида (бино ва иншоотлар, баландликда ишлатиладиган машина ва механизмларлар), ижтимоий соҳа объектларида (ҳаво алмашинуви, бинони иситиш жараёнлари), қишлоқ хўжалигида (тупроқнинг эрозиясининг олдини олиш, ўсимликларни чанглатиш), энергетикада (альтернатив энергия манбаалари ўрнатилиши), экология ва санитария (атроф-муҳитга зарарли моддаларнинг тарқалиши, ишчи ўринларнинг ўрнатилган талабларга жавоб бериши), тоғ-кон саноати (хавфсизлик масалалари), автомобилсозлик (юрришга бўлган қаршилиқ кучларини аниқлашда) каби бошқа соҳаларда аниқликни таъминлашга хизмат қилади.

Шунингдек, илмий лойиҳанинг амалга оширилиши натижасида жаҳон талаблари асосида юқори аниқликка эга бўлган, Ўрта Осиёда ягона бўлган илмий лаборатория ташкил қилинади, қўшимча янги иш ўринлари яратилади, Ўзбекистон миллий метрология институтида ҳаво тезлигини тадқиқ қилиш йўналишида илмий муҳит яратилади, мамлакатнинг иқтисодий ўсиши ва ижтимоий ривожланишда мазкур йўналиш бўйича юқори аниқлик ўлчашлар таъминланади.

Шунингдек, қўшни давлатларда ишлатиладиган ҳаво оқими тезлигини ўлчаш воситаларини қиёслаш ёки калибровкалаш бўйича хизматлар экспортини амалга ошириш имкони яратилади.

Бу ўз навбатида қурилиш, метрология ва ҳаво алмашинуви каби соҳаларда ўлчаш аниқлигини таъминлаш орқали маҳсулот ва хизматлар сифатининг ошишига билвосита таъсир кўрсатади. Ушбу йўналишларда илмий техник тадқиқотлар ўтказиш ва малакали кадрлар тайёрлашга ҳам хизмат қилади.



2-расм. Аэродинамик трубининг умумий кўриниши



KINEMATIK QOVUSHQOQLIK BIRLIGI MILLIY BOSHLANG'ICH ETALONI (O'Z MBET 24:2024): Milliy etalon yaratish texnologiyasi

Adabiyotlarni o'rganish natijasida aniqlangan va o'rganilmagan muammolar va bo'shliqlar tavsifi quyida batafsil bayon qilingan va ilmiy asoslangan.

Olib borilgan tadqiqot natijalariga asosan, shuningdek adabiyotlarni o'rganish natijasida to'liq o'rganilmagan ilmiy-nazariy va amaliy muammolar aniqlandi:

– keng harorat oralig'ida o'lchash vositalarini qiyoslash, kalibr lash va attestatlash vositalarini mavjud emaslik muammosini hal qilish yo'nalishlarini aniqlash uchun suyuqliklar qovushqoqligini o'lchashning metrologik ta'minotini nazariyasi va amaliyotini holatini qiyosiy tahlil qilish va monitoringi yetarli darajada o'tkazilmaganligi;

– zaruriy o'lchash sharoitlarini yaratish va aniqlikni oshirish usullarini tadqiq qilish, suyuq moddalarning qovushqoqligini o'lchashning namunaviy qurilmada amalga oshirish uchun eng istiqbolli usulni ilmiy va nazariy asoslanishi mavjud emasligi, jumladan o'lchash diapazonini kengaytirishni hamda metrologiya kuzatuvchanligini o'rnatish tadqiq qilinmaganligi;

– suyuq muhitlarda kinematik qovushqoqligini birlik o'lchamini hosil qilishning va uzatishning nazariy asoslarini tadqiq qilish va birlamchi namunaviy kompleks qurilmaning asosiy komponent elementlarni maqbullashtirish, shuningdek suyuq muhitlarning kinematik qovushqoqligini keltirish tenglamalari va ularning noaniqliklarini korrelyatsiyani hisobga olgan va olmagan holda baholash uchun formulalar, matematik modellar ishlab chiqilmaganligi;

– harorat oralig'ida suyuqliklarning kinematik qovushqoqligi, zichligi va harorat bog'liqligini tadqiq qilish asosida approksimatsiya funktsiyasini matematik

Shodlik Masharipov
PhD, Islom Karimov nomidagi
Toshkent davlat texnika universiteti, dotsent

Annotatsiya: Ushbu maqolada O'zbekiston Respublikasi o'lchashlar birliligini ta'minlash tizimida milliy etalonlar yaratish sohasida olingan natijalar bayon qilingan. Kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni yaratish sohasidagi dastlabki tadqiqot ishi hisoblanadi. Yangi etalon ishlab chiqish bo'yicha olingan natijalar va ulardan kelib chiqadigan ilmiy-amaliy xulosalar bayon qilingan. Ko'rsatildiki, taklif qilingan yondashuv o'lchashning kengaytirilgan noaniqligini baholanishi o'lchashning standart noaniqligini qamrab olish koeffitsienti $k=2$ ga ko'paytirish yo'li bilan 95 % qamrab olish ehtimoli bilan normal taqsimotga mos keladi. Standart noaniqlikni baholash GUM va COOMET R/GM/32:2017 larga muvofiq aniqlandi. Ushbu maqolada olingan asosiy natijalar va shakllangan yakuniy xulosalar bayon qilinadi.

Kalit so'zlar: Kalibr lash va o'lchash imkoniyatlari, etalon, metrologiya xossasi, qovushqoqlik, suyuq muhitlar, metrologik ta'minot, metrologik kuzatuvchanlik.

modelini yaratishga bo'lgan nazariy va amaliy ehtiyojni mavjudligi, shu bilan birga ta'sir qiluvchi omillarni o'lchash noaniqligiga ta'sirini tadqiq qilinmaganligi;

– suyuqliklarning kinematik qovushqoqligini birlik o'lchamini hosil qilishning xalqaro metrologik amaliyotga muvofiq bo'lgan ilmiy-uslubiy va nazariy asoslarini yetarli va samarali darajada

ishlab chiqilmaganligi, shu bilan birga, metrologiya ta'minotini ilmiy, me'yoriy va texnik asoslariga majmui yondashish asosida etalon yaratish jarayonlarni tadqiq qilishga bo'lgan ehtiyojni mavjudligi;

– Respublikada kinematik qovushqoqlik kattaligi uchun milliy boshlang'ich etalonlarni yaratish texnologiyalarini ilmiy-nazariy asoslarini

1-jadval

Guruh	Standart suyuqlik*	Oqish vaqti, s
0	0	350-450
	1	600-800
	2	1000-1500
I	0	180-250
	1	400-600
	2	800-1200
II	1	300-500
	2	700-1200

*standart suyuqliklarni maxsus kodi bo'lib, suyuqlikning metrologiya xossalari uning turi va toifasiga qarab darajalash yoki sertifikatdagi qiymatlarga asosan, zarur hollarda tajriba o'tkazish yo'li bilan topiladi.



yetarli darajada emasligi va metrologiya ta'minotida mavjud amaliyotlarni takomillashtirish zaruriyati.

Aniqlangan muammolar asosida tadqiqotning aniq maqsadi va yechilishi lozim bo'lgan masala – kapillyar o'lchash usulida o'lchashlar birliligini ta'minlash sohasida metrologik kuzatuvchanligini o'rnatiladigan kinematik qovushqoqlikni ilmiy tadqiq qilish va metrologiya ta'minotiga yaroqli holatga keltirish uchun me'yorlangan metrologiya xossalari aniqlash va tasdiqlashdan iborat.

Material va metodlar

Kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni uslubiyotda berilgan sharoitlarda (atrof muhit harorati: $T=15^{\circ}\text{C}$ dan 25°C gacha; havoning nisbiy namligi: $W=20\%$ dan 80% gacha; atmosfera bosimi: 80 kPa dan 104 kPa gacha) foydalanilib, ishlash printsiplari bo'yicha kapillyar bevosita usulda qovushqoqlikni o'lchashni amalga oshiradi, bunda tayanch qiymat sifatida standart eritmalar yoki qovushqoqlik ma'lum bo'lgan darajalangan eritmalaridan foydalaniladi [17-19].

Kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni kalibrlashda foydalanishda tashqi ko'rik, tekshirib ko'rish va metrologik xossalari aniqlash jarayonlari bajariladi [20-24]. Qo'llash sharoitlarini kengaytirish maqsadida



1-rasm Kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni (O'z MBET 24:2024)

harorati keng oraliqda o'zgaradigan va tartibga solish imkonini beradigan vizkozimetrik termostatdan foydalanilgan. O'lchashni yakuniy natijasini olish va o'lchash noaniqligini baholash uslubiyotda keltirilgan formulalarga muvofiq aniqlab olinadi.

Tadqiqot natijalari

Tadqiqot natijasining asosiy amaliy mahsuloti – xalqaro metrologiya standartlariga muvofiq bo'lgan suyuq muhitlarning metrologiya xossalari bilan o'lchash kuzatuvchanligini o'rnatilgan, kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni (O'z MBET 24:2024) hisoblanadi (1-rasm).

0, I, va II guruhlariga ajratib foydalangan holda Nyuton suyuqliklari tanlanadi va sinov viskozimetrida o'lchandi (1-jadval).

Bugungi kunda ushbu texnik ishlanma O'zbekiston milliy metrologiya institutida ishchi vizkozimetrlarni kalibrlashda qo'llanilib kelinmoqda.

Bugungi kunda bo'limda turli qiymatlardagi va kattaliklar uchun o'lchovlar qo'llanilib, ularning xalqaro

birliklar tizimiga nisbatan metrologik kuzatuvchanligi ta'minlangan.

Bunda o'lchash noaniqligini uzatishni bir qancha pog'onalar orqali modellashtirishni quyidagi tenglama orqali tavsiflash mumkin (1-3):

$$\alpha_{t,f} = \alpha_{et} - \Delta\alpha_f \quad (1)$$

$$U_f = \sqrt{U_0^2 + S_f^2} \quad (2)$$

$$U_R = \sqrt{U_0^2 + \sum_{p=1}^n S_p^2} \quad (3)$$

bu yerda α_{ef} – f pog'ona uchun tayanch qiymat; α_{et} – yozilgan qiymat; $\Delta\alpha_f$ – og'ish; U_f – f daraja uchun standart noaniqlik; U_0 – kalibrlash zanjirida kattalik o'lchamini uzatuvchi qurilmani standart noaniqligi; S_p – p darajadagi standart noaniqlik.

SN ishlab chiqaruvchisi nafaqat o'z materiallari to'g'risida SN hujjatlari O'lchashning nisbiy kengaytirilgan noaniqligini baholashni matematik modeli ishlab chiqildi:

$$U_{\text{nisb}}(v) = \frac{U_{\text{a6c}}(v)}{v} \cdot 100 = \frac{k \cdot \sqrt{S_1^2 + \frac{3}{2}(S_2^2 + S_3^2 + S_4^2) + \frac{3}{4}S_5^2}}{v} \cdot 100\% \quad (4)$$

bu yerda $U_{\text{a6c}}(v)$ – o'lchashning kengaytirilgan noaniqligini miqdoriy qiymati; v – kattalikni o'lchangan qiymati; S_1 – namunaviy qovushqoqlikni o'lchash vositasi doimiysi; S_2 – harorat bilan bog'liq noaniqlik, bunda dreyf $T' = 10\text{ mK}$ dan ko'p emas; S_3 – vaqt bilan bog'liq noaniqlik, bunda ko'rsatishlarning eng kichik oralig'i $\tau \leq 0,01\text{ s}$; S_4 – egilish xatosi bilan bog'liq bo'lgan o'lchash noaniqligi;





k – qamrab olish koeffitsienti bo'lib, erkinlik darajasini samarali soni v_{eff} quyidagicha topildi:

$$v_{eff} = \frac{U^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{v_i}} = 2,8 \quad (5)$$

Xulosalar

Suyuq muhitlarni kinematik qovushqoqligi milliy boshlang'ich etalonini ishlab chiqish va metrologiya tavsiflarini tadqiq qilishga qaratilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Keng haroratlar oralig'ida qo'llaniladigan va o'lchash diapazoni kengaytirilgan kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etaloni (O'z MBEt 24:2024) yaratildi, joriy qilindi va tijoratlashtirildi.

2. Kinematik qovushqoqligi milliy boshlang'ich etalonini o'lchash noaniqligini ta'sir qiluvchi omillar tadqiq qilindi va miqdoriy aniqlandi. Jumladan, metrologik yaroqliligi tajribas-inov natijalariga asosan baholandi, jumladan harorat, suyuqlikni zichligi va atrof-muhitni sharoiti parametrlariga sezuvchanligi o'rganildi, shuningdek

korrelyatsion tahlil o'tkazildi.

3. Kinematik qovushqoqlikni o'lchash natijalarini metrologiya kuzatuvchanligi o'rnatildi va buni amalga oshirish kalibrash sxemasi ishlab chiqildi. Buning uchun laboratoriya ichida ko'p marta pretsizion o'lchashlar bajarildi; ISO 17034 xalqaro standart bo'yicha (Buyuk Britaniya) qovushqoqlikning standart namunalari (maxsus suyuqlik) bilan o'lchash to'g'riligi, siljish, o'lchashning kengaytirilgan noaniqligi, E_n – indeks miqdoriy baholandi.

4. Kinematik qovushqoqlik birligi milliy boshlang'ich etalonini yaratish jarayoni nazariy asoslandi. Etalonni ishlab chiqish texnologiyasini muhim tamoyillari yaratildi, bular: etalon majmua elementlarining ishonchligi va sifati; metrologik aniqlik o'lchash diapazonlarining o'zaro mos keluvchanligi; elementlarning o'zaro axborot, energetik va texnik unifikatsiyalanganlik va o'zaro almashuvchanlik darajasi; metrologik kuzatuvchanlik o'rnatilganligi; tashqi ta'sirlardan himoyalanganlik; kalibrash va texnik xizmat ko'rsatish, qayta tiklash imkoniyati; hujjatlashtirilganlik va o'lchash noaniqligini baholash.

5. O'zbekiston Respublikasida

kinematik qovushqoqlikni o'lchashning metrologik taminotini ilmiy, texnik va me'yoriy asoslarini takomillashtirish bo'yicha keyingi istiqbolli yo'nalishlar ishlab chiqildi, bular: o'lchash jarayonini avtomatlashtirish va olingan o'lchov malumotlarini qayta ishlash; COOMET (Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions), EASC (Euro-Asian Council for Standardization, Metrology and Certification) va boshqa nufuzli metrologiya institutlari doirasida laboratoriyalararo taqqoslash o'lchovlarini o'tkazish; kinematik qovushqoqlikni o'lchash sohasida O'zbekiston Respublikasining kalibrash va o'lchash imkoniyatlarini (SMS-qatorlar) kengaytirib, ularni BIPM (International Bureau of Weights and Measures)ning asosiy taqqoslash malumotlar bazasida (KCDB) e'lon qilish; xalqaro metrologiya standartlari bilan uyg'unlashtirilgan kalibrash usullarini ishlab chiqish, tadqiq etish va keng joriy etish.

6. Olib borilgan tadqiqot ishlaridan olingan xulosalardan yana biri shuki, metrologiya sohasida "etalon yaratish texnologiyasi" yangi va istiqbolli ilmiy-innovatsion yo'nalish ekanligi isbotlanib, texnika sohalari orasida amaliyotga joriy qilish va tijoratlashtirish imkoniyatlarini yuqori ekanligi bilan ham farqlanadi. Bu esa zamonaviy ilmiy ishlarga qo'yiladigan asosiy talabdir.

Minnatdorchilik

Muallif loyiha rahbari va ushbu maqola muallifi sifatida №Φ3-202102088 ilmiy loyihani bajarishda ishtirok etgan barcha ilmiy jamoa a'zolariga, loyihani amalga oshirishda har tamonlama qo'llab-quvvatlagan O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi, O'zbekiston milliy metrologiya instituti rahbariyatiga o'z minnaddorchiligini bildiradi. O'zbekiston Respublikasi metrologiya ta'minoti sohasida o'zining etalonlarini yaratishda va joriy qilishdagi ushbu dastlabki natijani olishda barcha bosqichlarda qo'llab-quvvatlagan va ishonch bildirgan insonlarga o'z minnaddorchiligimni bildiraman.



ADABIYOTLAR:

1. I. A. Ryltsev, K. E. Ryltseva, G. R. Shrager, "Kinematics of a power-law fluid flow in a pipe with a varying cross section", *Vestn. Tomsk. Gos. Univ. Mat. Mekh.*, 2020, no. 63, 125–138
2. Цурко А.А., Демьянов А.А. Состояние метрологического обеспечения измерений вязкости нефтепродуктов. *Измерительная техника*. 2014;(4):65–66.
3. Неклюдова Анастасия Александровна, Сулаберидзе Владимир Шалвович Анализ показателей метрологической надежности вискозиметров стеклянных капиллярных эталонных // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2024. №1 (146). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-pokazateley-metrologicheskoy-nadezhnosti-viskozimetrov-steklyannyh-kapillyarnyh-etalonnyh> (дата обращения: 17.12.2024).
4. Masharipov Sh.M, Mavlanov M.A, Abdumajidov I.B. Suguq muhitlarning kinematik qovushqoqligini o'lchashning zamonaviy usullari va tajriba natijalarining metrologik kuzatuvchanligini ta'minlash / "Ilm-fan va innovatsion rivojlanish" jurnali. – Toshkent, 2022, №2. – B.98–111. (05.00.00, OAK Rayosatining 2019 yil 28 fevraldagi 262/9.2-son qarori)
5. Gupta, S.V. (2014). Kinematic Viscosity Scale and Uncertainty. In: *Viscometry for Liquids*. Springer Series in Materials Science, vol 194. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04858-1_2
6. Ajmotokan, H.A. (2024). Viscosity of Fluid Lubricants. In: *Principles and Applications of Tribology*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57409-2_3
7. Masharipov Sh.M., Rakhmatullayev S.A. Kinematic viscosity of liquid media and providing metrological observability of experimental results // E3S Web of Conf. Volume 390, 2023, E3S Web of Conferences, Volume 390 (2023), VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, Russia, March 29–31, 2023, 01 June 2023 (Scopus)
8. OIML D 33 Edition 2019 (E) Reference standard liquids (Newtonian viscosity standard for the calibration and verification of viscometers)
9. Kerschbaum, S., and G. Rinke, Measurement of the Temperature Dependent Viscosity of Biodiesel Fuels, —Ibid. 83:287–291 (2004).
10. Qasem, N.A.A., Generous, M.M., Qureshi, B.A., Zubair, S.M. (2023). Viscosity. In: *Thermodynamic and Thermophysical Properties of Saline Water*. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35193-8_9
11. Ajmotokan, H.A. (2024). Viscosity of Fluid Lubricants. In: *Principles and Applications of Tribology*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology(). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57409-2_3
12. Miles, R.N. (2024). Effects of Viscosity. In: *Physical Approach to Engineering Acoustics*. Mechanical Engineering Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33009-4_9
13. Zaccone, A. (2023). Viscosity of Supercooled Liquids. In: *Theory of Disordered Solids*. Lecture Notes in Physics, vol 1015. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24706-4_7
14. Mandell, A.M. (2023). Viscosity. In: Gargaud, M., et al. *Encyclopedia of Astrobiology*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65093-6_1661
15. Liu, S., Okada, A. & Kitamura, T. Fundamental study on dielectric oil viscosity for high-performance wire EDM. *Int J Adv Manuf Technol* 135, 3451–3461 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00170-024-14693-3>
16. Owuna, F.J., Chapoy, A., Ahmadi, P. et al. Viscosity of Hydrogen and Methane Blends: Experimental and Modelling Investigations. *Int J Thermophys* 45, 119 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10765-024-03394-4>
17. Малюгин Р.В., Елина Е.И., Григорьев Б.В., Елин А. Исследование течения ньютоновских жидкостей в круглых горизонтальных трубах при малых входных давлениях. *Измерительная техника*. 2024;(2).
18. Чекирда К.В., Демьянов А.А., Неклюдова А.А., Домостроев А.В., Сулаберидзе В.Ш. История создания и модернизация государственных первичных эталонов единиц динамической, кинематической вязкости жидкости и плотности. *Измерительная техника*. 2022;(7):24–29.
19. Chashechkin, Y.D. Analysis of Fundamentals of Calculation and Measuring Techniques in Fluid Dynamics. *Tech. Phys.* (2024). <https://doi.org/10.1134/S1063784224700518>
20. Mirgorodskaya, A.V. The history of the development of the capillary method for measuring kinematic viscosity: from the Lomonosov viscometer to the information-measuring system. *Meas Tech* 66, 610–618 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11018-023-02273-y>
21. <https://nim.uz/faoliyat/etalonlar/>



Elektr ta'minotida elektr energiyasi bo'yicha yuzaga keladigan kamchiliklarni bartaraf qilishga qaratilgan asoslar

**Gaybulla Boboyev,
Islom Karimov nomidagi
Toshkent Davlat Texnika universiteti dotsenti, PhD.**

**Najmiddin Nurmukhamedov,
O'zbekiston milliy metrologiya instituti
laboratoriya boshlig'i.**

**Kadirov Aziz,
O'zbekiston milliy metrologiya instituti mutaxassisi.**

Annotatsiya: Elektr energiyasi sohasida asosiy parametrlarini o'lchash bo'yicha innovatsion yechimlar to'g'risidagi ma'lumotlar tahlil qilingan. O'rganilgan ma'lumotlar asosida elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchash uchun O'zbekiston milliy metrologiya instituti tomonidan yaratilgan qurilma va qurilmaning metrologik tavsiflari ko'rsatib o'tilgan. Qurilmaning imkoniyatlari tahlil qilinib, tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: elektr energiyasi, asosiy parametrlar, o'lchash vositalari, sifat ko'rsatkichlari, metrologik tavsiflar, innovatsion qurilma, elektr energiyasi hisoblagichi, energetika samaradorligi, texnik yechimlar

Mamlakatimizda iqtisodiyot barqaror o'sishini ta'minlashga va aholining farovonlik darajasini oshirishga, yoqilg'i-energetika resurslariga bo'lgan talab-ehtiyojni uzluksiz qanoatlantirishga qaratilgan neft-gaz, elektr energetika, ko'mir, kimyo, qurilish industriyasini rivojlantirishning uzoq muddatli strategiyasi amalga oshirilmoqda. Boisi, energiya resurslariga talab-ehtiyoj kun sayin ortib bormoqda, mamlakatimiz iqtisodiyotining energiya sarfi hajmi rivojlangan davlatlarning o'rtacha ko'rsatkichidan ancha yuqori hisoblanadi. Elektr energiyasi inson faoliyatining barcha sohalarida qo'llaniladi, o'ziga xos xususiyatlarga ega va boshqa turdagi mahsulotlarni yaratishda bevosita ishtirok etadi, ularning sifatiga ta'sir qiladi. Har bir elektr qabul qilgich elektr energiyasining ma'lum parametrlari ostida ishlashga mo'ljallangan: normal chastota, kuchlanish va boshqalar, shuning uchun uning me'yorda ishlashi uchun elektr energiyasining kerakli sifati ta'minlanishi kerak. Shunday qilib,

elektr energiyasining sifati elektr qabul qiluvchilar me'yorda ishlashi va o'z vazifalarini bajarishi mumkin bo'lgan xususiyatlar to'plami bilan belgilanadi. Sifatni yaxshilash muammosining ahamiyati ventilli o'zgartgichlar va turli xil yuqori samarali texnologik qurilmalarni ishlab chiqish va keng joriy etish bilan birga o'sib bormoqda.

Shu munosabat bilan, iqtisodiyot tarmoqlari, ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiyadan foydalanuvchilar uchun sifatli xizmatlar ko'rsatish, elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi korxonalar va ularni iste'molchilarga yetkazib berishda sifatli xizmatlar ko'rsatishda zamonaviy o'lchash vositalariga talab oshmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 20-avgustdagi "Yuridik va jismoniy shaxslarning elektr energiyasi, tabiiy gaz, ichimlik va issiq suvni hisobga olish uskunalarini (hisoblagichlarni) yechish, qiyoslashdan o'tkazish va

o'rnatish bo'yicha davlat xizmatlari ko'rsatishning ma'muriy reglamentlarini tasdiqlash to'g'risida" 698-sonli qaroriga asosan elektr hisoblagichlarni qiyoslash ishlari ta'minotchi tomonidan amalga oshirilishi belgilab qo'yilgan. Mazkur reglament bo'yicha talabgor istagiga ko'ra qiyoslashdan o'tkazish uchun ariza bergandan so'ng ta'minotchi korxona xodimlari tomonidan hisoblagich yechib olib ketiladi va 15 ish kunida qiyoslashdan o'tkazib, qayta joyiga o'rnatiladi. Bunday ko'p vaqt mobaynida elektr energiyasi manbai hisoblagichsiz ishlashi evaziga sarflangan energiya uchun tarif bo'yicha kunlik hisob-kitob amalga oshirilishi yirik tadbirkorlik subyektlariga noqulayliklar tug'dirib kelmoqda.

Eksperimental tadqiqotlar

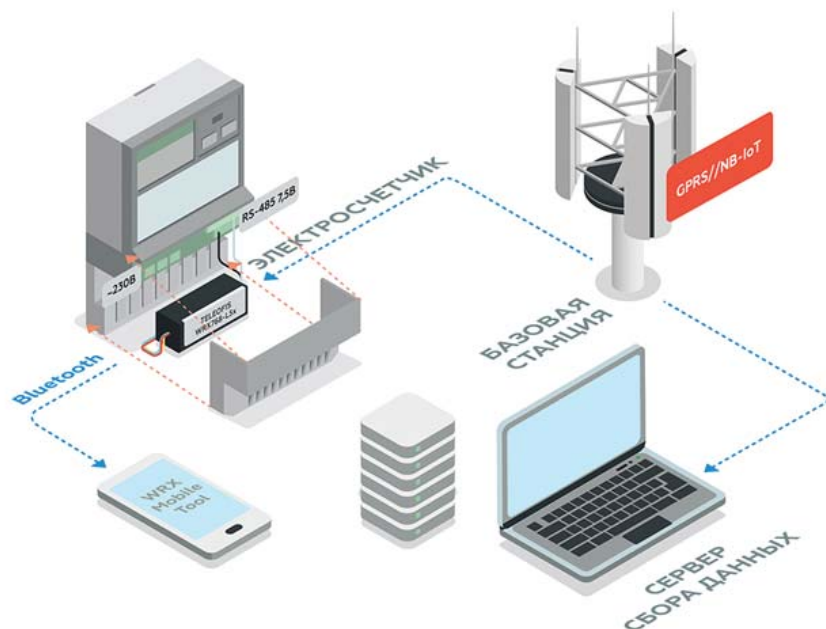
Elektr energiya sifatini ta'minlash mamlakatning butun energetika majmuasi va uning alohida energetik tizimlari faoliyati samaradorligini oshirish yo'llaridan biridir. Elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarini o'lchash va ularni tahlil qilish usullari O'z DSt 1044:2003 davlat standarti tomonidan belgilanadi.

Elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchashda bir qancha ko'rsatkichlarni o'lchash qurilmalarini yaratish va ishlab chiqarishga tavsiya etish muhim masalalardan biridir.

Ma'lumotlarga ko'ra, hozirgi kunda elektr energiyasi hisoblagichlar bo'yicha aholi o'rtasida norozichilik kayfiyati uyg'onishi bilan bir qatorda, munozarali vaziyatlarni paydo qilmoqda. Bunga sabab, xonadonlarda o'rnatilgan elektr hisoblagichlar ulanish sxemalari noto'g'ri bo'lganligidir.

Bundan tashqari, Respublikada aholiga 7 200 000 dona va yuridik tashkilotlarga 900 000 donadan ko'proq bir va uch fazali elektr hisoblagichlar o'rnatilgani ma'lum.





Bizga ma'lumki respublikamizda mavjud elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi va uni iste'molchilarga yetkazib beruvchi tashkilotlar laboratoriyalarida elektr energiyasini parametrlarini o'lchashda bir qancha o'lchash vositalaridan foydalanib kelinmoqda. Masalan: voltmeter, ampermetr, chastotomer va boshqalar. Ushbu parametrlarni o'lchashda bir qancha murakkabliklar mavjud bo'lib shu bilan bir qatorda ma'lum bir vaqt talab etadi.

Ushbu muammolarni hal etish uchun O'zbekiston milliy metrologiya instituti xodimlari (asosiy muallif Nurmuxamedov Najmiddin Kamaliddinovich) tomonidan elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchash uchun qurilma yaratish bo'yicha ilmiy-amaliy ishlar olib borildi. Natijada elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchashda yuqori aniqlikni ta'minlaydigan, tizimda o'lchashlarning imkoniyatlarini oshirishga yordam beradigan qurilma yaratildi. Shu bilan bir qatorda qurilmani yaratishda mahalliy imkoniyatlardan keng foydalanildi va tashqi omillar ta'siriga chidamli ishonchli texnik qurilma ishlab chiqarishga tatbiq etildi.

Ushbu qurilma yordamida nafaqat hisoblagichlarni balki, elektr tarmog'idan hisoblagichgacha bo'lgan oraliqda o'rnatiladigan tok transformatorlarni asosiy (nisbiy) va burchak xatoliklarini yuqori

aniqlikda o'lchash mumkin va O'zbekiston milliy metrologiya instituti tomonidan qurilma uchun sertifikat olingan.

Qolaversa, qurilma elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi korxonalarining energiya sotish sohasida davlatlararo eksport tizimi talablariga asosan elektr energiyasi sifatini analiz qilish uchun mo'ljallangan funksiyalar bilan boyitilgan.

Tadqiqotlar natijasi

Asosiysi, ushbu qurilmaning aniqlik sinfi 0,05 bo'lganligi hamda



o'z qiymatlarini me'yorda ushlab tura olishi natijasida, qurilma milliy etalonlar bazasida ishchi etalon sifatida davlat reyestrda o'tish imkonini yaratadi.

Yaratilgan qurilma yordamida quyidagi bir fazali va uch fazali elektr tarmoqlarida elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchash imkoniyatlarini beradi:

- sinusoidal va buzilgan to'liqin shaklidagi kuchlanish va tokning samarali qiymatlari;
- aktiv, reaktiv va to'liq elektr quvvati;
- Tarmoqlarda elektr energiyasi sifatining asosiy parametrlarini tahlil qilish:
- kuchlanish;
- tok;
- aktiv, reaktiv va umumiy quvvat;
- chastota;
- aktiv va reaktiv quvvat koeffitsiyenti;
- kuchlanish va tok garmonikalari;

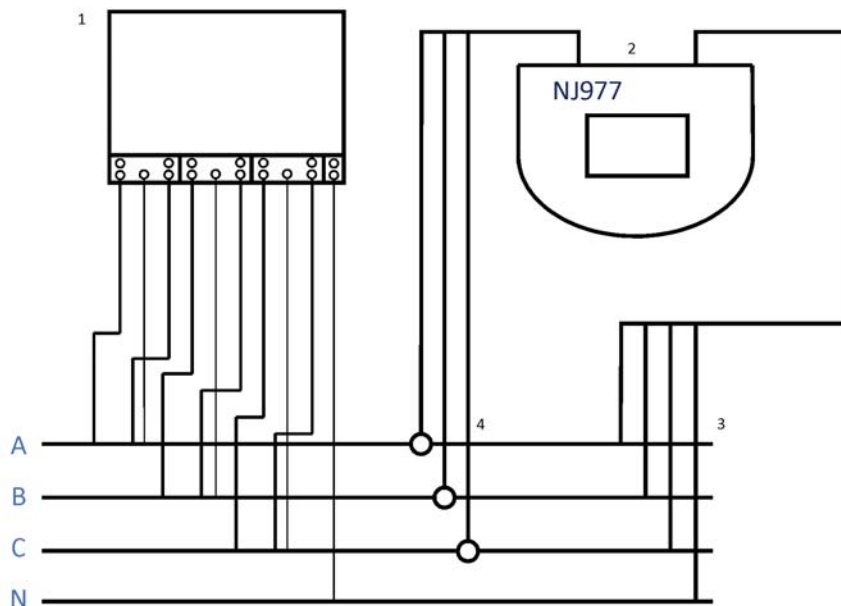


- grafik ko'rinishdagi vektor diagrammalar;

Shu bilan bir qatorda qurilma yordamida quyidagi parametrlar tahlil qilinishi mumkin:

- barcha turdagi o'zgaruvchan tokda ishlovchi bir va uch fazali aktiv va reaktiv energiyasi hisoblagichlarni metrologik tavsiflarini aniqlash;
- elektr tarmog'ida ulanish sxemalarini to'g'riligini tarmoqdan uzmaganda holda aniqlash;
- o'zgaruvchan tokdagi elektr o'lchash





Ushbu aqlli energetika qurilmasining elektr tarmog'iga ulanish sxemasi

1. Tekshiriladigan elektr energiya hisoblagichi. 2. Aqlli energetika qurilmasi. 3.

Aqlli energetika qurilmasining kuchlanish o'lchash uchun mo'ljallangan simlari. 4. Aqlli energetika qurilmasining tok qisqichlari.

asboblarning kuchlanish, tok, chastota, aktiv va reaktiv quvvatlarni ulanishi va ishlashining to'g'riligini tekshirish;

– tok transformatorlarni amplituda (tokli) xatoliklarini nisbiy (foizda) va burchak xatoliklarini aniqlash, shuningdek, transformatsiya koeffitsiyentini bilib olish.

Yaratilgan qurilmaning ishlash prinsipi garmonik kirish signallarining bir vaqtning o'zida qiymatlarni analog-raqamli konversiyalashdan iborat. So'ngra konversiya qilingan raqamli qiymatlarni dasturiy ta'minotga muvofiq protsessorda qayta ishlaydi.

Elektr tarmog'idagi mavjud kattaliklarni o'lchash uchun ushbu elektr tarmog'iga yoki elektr zanjiriga elektr o'lchash vositasini bevosita yoki bilvosita ulash orqali elektr kattaliklarining signali o'lchash vositasiga qabul qilish orqali amalga oshiriladi. Uch fazali elektr tarmog'ida o'lchash amalga oshirishda aqlli energetika qurilmasining elektr tarmog'iga yoki elektr zanjiriga ulanishda kuchlanish qiymatini o'lchash uchun qurilmaning kuchlanish simlarining sariq ranglisini A fazaga, yashil ranglisini V fazaga, qizil ranglisini S fazaga va qora rangli simni elektr tarmog'ining neytral simiga ulaniladi. Tok qisqichlarining sariq belgisining A faza simini, yashil

belgisining V faza simini va qizil belgiga ega tok qisqichini S faza simini ustki tarafidan tok yo'nalishlarining oqimiga qarab qamrab oladigan holatda qistirib qo'yiladi.

Kuchlanish simlari uch fazali elektr tarmog'i yoki zanjiriga ulanganda aqlli energetika qurilma to'g'ridan to'g'ri kuchlanish signalini qabul qilishni boshlaydi. Bu holatda qo'rilma kuchlanish signalining qiymati va fazalar holatlari bo'yicha o'lchashni amalga oshiradi. Bu

o'rinda qurilma kuchlanish qiymatining ± 0.25 % xatolikdan oshmagan holda o'lchashlarni amalga oshiradi.

Tok qisqichlarini elektr tarmog'i yoki elektr zanjiriga ulanadi. Elektr tarmog'i yoki elektr zanjiridan o'tayotgan sinusoidal o'zgaruvchan tok kuchi qisqichlarining magnit o'zagida o'zgaruvchan magnit oqimini hosil qiladi. Bu magnit oqimi o'z navbatida tok qisqichining ikkilamchi chulg'amlarida elektr yurituvchi kuch paydo qiladi. Bu o'rinda paydo bo'lgan elektr yurituvchi kuch tok qisqichlining ikkilamchi chulg'amida ikkilamchi tok oqib o'tishini yuzaga keltiradi. Ushbu o'zgarish xatoligi ± 0.1 % tashkil etadi.

Mazkur aqlli energetika qurilmasi elektr kuchlanishi va elektr toki kuchi qiymatlarining signallarini qabul qilinganda elektrotexnika qoidalariga asosan ma'lumotlarni qayta ishlash natijasida elektr tarmog'idagi yoki elektr zanjiridagi yana boshqa elektr kattaliklarini o'lchash jarayonini amalga oshiradi. Shu jumladan aktiv elektr quvvati ± 0.05 % xatolik bilan o'lchanadi, reaktiv elektr quvvati ± 0.1 % xatolik bilan o'lchanadi, to'liq elektr quvvati ± 0.05 % xatolik bilan o'lchanadi, kuchlanish chastotasi ± 0.1 % xatolik bilan o'lchanadi, birinchi garmonikadagi kuchlanish va tok kuchi orasidagi faza siljishi burchagi $\pm 0.01^\circ$ xatolik bilan o'lchanadi, quvvat koeffitsiyenti ± 0.005 xatolik bilan o'lchanadi, tok transformatorlarining birlamchi tok kuchini ikkilamchi tok



qiymatiga o'zgarishi ± 0.1 % xatolik bilan o'lchanadi, birlamchi tok bilan ikkilamchi tok o'zgarish orasidagi burchak siljishi $\pm 0.5^\circ$ xatolik bilan o'lchanadi. Qo'shimcha tarzda tarmoqdagi elektr kuchlanishining 40 garmonik signaligacha aniqlanadi.

Xulosa

Tadqiqot natijasida respublika elektr energiyasini ishlab chiqaruvchilar va iste'molchilarni energiya bilan ta'minlovchi tashkilotlar, elektr energiyasini sifati va

sarfini nazorat qiluvchi tashkilotlar va mobil usul bilan metrologik faoliyatni yurituvchi laboratoriyalar ushbu qurilma bilan ta'minlanadi. Ushbu yaratilgan qurilma asosida elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchash vaqtini tejashga, import o'rnini bosishga va iqtisodiy barqarorlikka erishiladi.

Shuningdek, me'yoriy texnik hujjatlar: texnologik reglament, loyihalash uchun dastlabki ma'lumotlar, texnik-iqtisodiy hisob, texnik shartlar ishlab chiqiladi

va yo'lga qo'yiladi. Olingan natijalar elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi va uni iste'molchilarga yetkazib beruvchi korxonalar bilan hamkorlikda tahlil qilinadi va sinov ishlari olib boriladi hamda qurilma imkoniyatlari ilmiy-amaliy asoslanadi. Shu bilan bir qatorda bir fazali va uch fazali elektr tarmoqlarida elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchash qurilmasini respublikamiz miqyosida ommalashtirish va qo'shni davlatlarga eksport qilish ko'zda tutilgan.

ADABIYOTLAR:

1. Boboyev, M. Mirshomilova. Elektr energiyasi ishlab chiqarishda metrologik ta'minot muammolarini tahlil qilish. E3S Konferentsiyalar veb-sayti, 461 (2023) 01088
2. G.G.Boboev, M.M.Mahmudjonov, va boshqalar. AIP konferentsiyasi materiallari, 2432, 030042, (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0089626>.
3. Elektr kattaliklarini o'lchash asboblari bilan kalibrlashning zamonaviy texnologiyalari. Boboyev, G., Mirpayzieva, G. E3S Konferentsiyalar veb-sayti, 2023, 461, 01087.
4. Gaybulla Boboyev, Najmiddin Nurmuxamedov. Elektr energiyasining asosiy parametrlarini o'lchash: muammolar va yechimlar. "Standart" ilmiy-texnik jurnali, 2021/2-son, 36-37 betlar.



RAQAMLI METROLOGIYA – SANOAT 4.0 TEKNOLOGIYALARINING ASOSI SIFATIDAGI O'RNI

XXI asr insoniyat uchun texnologik inqiloblar davri sifatida tarixda qolmoqda. Bugungi raqamli jamiyatning negizida to'rt bosqichli sanoat inqilobi yotadi. Har bir inqilob ishlab chiqarish, texnika va texnologiyalar sohasida tub o'zgarishlarga olib keldi. Quyidagi jadvalda sanoat inqiloblari evolyutsiyasi qisqacha ko'rsatilgan:

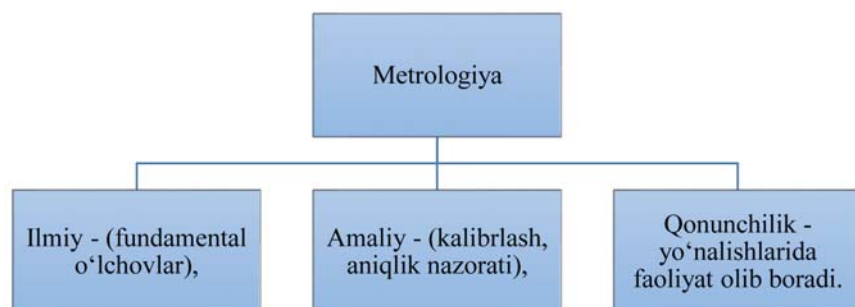
Sanoat 4.0 – bu texnologiyalarning uzluksiz rivoji va ularning integratsiyalashgan shakli bo'lib, bu model aqlli ishlab chiqarish, sun'iy intellekt, sensorli tarmoqlar, real vaqt monitoringi va big data (katta ma'lumotlar) tahliliga asoslanadi. Bu holat butun dunyo bo'ylab ishlab chiqarish tizimlarining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

Metrologiya bu inqilobning asosiy funksional komponenti sifatida maydonga chiqdi. Chunki butun Sanoat 4.0 texnologiyalari – raqamli asboblardan, robotlar, sun'iy intellekt algoritmlari, 3D printlash va aqlli tarmoqlar – aniq, barqaror va izchil o'lchovlarga tayanadi. Metrologiyasiz, bu tizimlarning birortasi ishonchli ishlay olmaydi.

2023-yilgi ISO tomonidan e'lon qilingan hisobotga ko'ra:

“Ishlab chiqarish korxonalarida metrologik nazorat yo'lga qo'yilgan holatlarda aniqlik 98% gacha, ishlab

Bugungi kunda metrologiya:



Abduvohid Mamajonov,
Andijon davlat texnika instituti dotsenti

Obidjon Abdujabborov,
Andijon davlat texnika instituti doktoranti

Annotatsiya: Metrologiya nafaqat sanoat uchun, balki ekologiya va xavfsizlik, transport, energetika, tibbiyot sohalari uchun ham muhim hisoblanadi. Sanoat 4.0 davrida ishlatilayotgan robototexnika, aqlli sensorlar, modulli tizimlar va sun'iy intellekt algoritmlarining o'z funksiyasini to'g'ri bajarishi faqat ishonchli o'lchov tizimlari orqali kafolatlanadi.

Maqolada sanoat inqilobi vujudga kelish tarixi, metrologiya rivojlanishining sanoat inqilobiga ta'siri, sanoat inqilobi rivojlanishini atrof muhit va havfsizlikka ijobiy ta'sirini statistik manbaalar asosida yoritadi hamda metrologik axborot tizimlari (MIIS), LIMS (Laboratoriya Axborot Tizimlari), avtomatik kalibrlash tizimlari, raqamli transformatsiya sharoitida milliy metrologiya institutlarining tutgan o'rnini yoritiladi.

Kalit so'zlar: Metrologiya, Sanoat 4.0, kiber-fizik tizimlar, IoT, raqamli o'lchovlar, kalibrlash, o'lchov aniqligi, MIIS, ISO/IEC 17025, Big Data, robototexnika, sun'iy intellekt, sifat menejmenti, LIMS, sensor tarmoqlar.

chiqarish tannarxi esa o'rtacha 18–26% ga kamaygan[4].”

Metrologiya fan sifatida qadimdan mavjud bo'lib, qadimgi Misrda Nil daryosi toshqinini o'lchash uchun ilk geometrik va fizik o'lchov birliklari qo'llanilgan. Biroq uning tizimli va xalqaro shaklda rivojlanishi XIX asrda Frantsiyada SI (Système International d'Unités) birliklar tizimi qabul qilingach boshlandi.

Sanoat 4.0 kontekstida bu uchala yo'nalish raqamli metrologik tizimlarda birlashmoqda. Masalan, o'lchov

vositalari real vaqtda LIMS tizimi orqali boshqarilmoqda, kalibrlash jarayonlari MIIS (Metrological Information and Integration System) orqali avtomatlashtirilgan hamda o'lchov xatoliklarini sun'iy intellekt tahlil qilmoqda.

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.

Nazariy-metodologik asoslar.

Sanoat 4.0 konsepsiyasi shiddat bilan rivojlanayotgan bir davrda metrologiyaning nazariy asoslari va uni amaliyotga tatbiq etish metodologiyasi mutlaqo yangi formatda shakllanmoqda. Metrologiya fanining zamonaviy talqinida, o'lchov jarayonlarini faqat fizik birliklarga bog'lab baholash yetarli emas. Endilikda u raqamli axborot tizimlari, kalibrlash

1-jadval. Sanoat inqiloblari taqqoslamasi [1,2,3]

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

2- jadval. Sanoatda qo'llaniladigan metrologik standartlar[5].

Standart nomi	Tavsifi
ISO/IEC 17025:2017	Kalibrovka va sinov laboratoriyalari uchun umumiy talablar
ISO 10012	O'lchov jarayonlari va o'lchash uskunalarining boshqaruvi
ISO 9001:2015	Sifat menejmenti tizimlarida o'lchovlarni aniqlik bilan boshqarish
OIML D1	Huquqiy metrologiya bo'yicha xalqaro qo'llanma
GUM (Guide to Uncertainty)	O'lchovdagi noaniqliklarni hisoblash metodologiyasi

algoritmari, sun'iy intellekt va tizimli monitoring bilan bog'liq bo'lgan kompleks ilmiy metodologiyaga aylanmoqda.

Metrologiya faoliyatining asosiy metodologik negizini ISO/IEC 17025:2017 standarti tashkil etadi. Bu standart sinov va kalibrlash laboratoriyalarining kompetentligini, o'lchov ishonchligini va kuzatiluvchanligini ta'minlaydi. Quyidagi jadvalda sanoatdagi metrologik nazoratni belgilovchi asosiy standartlar ko'rsatilgan:

O'lchovlar aniqligini baholashning matematik modeli

O'lchovlar natijasi faqat nominal qiymat bilan cheklanmaydi. Har qanday o'lchov ma'lum darajada noaniqlikka ega bo'ladi. Noaniqlikni baholashda quyidagi umumiy formula qo'llaniladi:

$$U = k \cdot \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

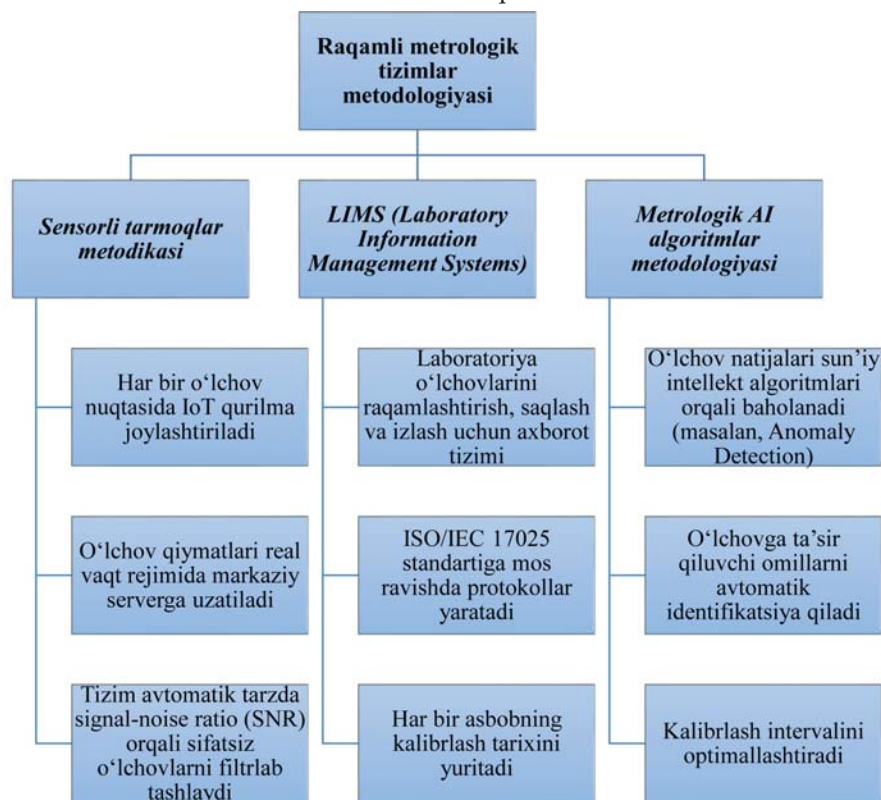
Bu yerda:

- U – kengaytirilgan o'lchov noaniqligi
- k – qamrov koeffitsienti (odatda $k=2$, bu 95% ishonchlilik darajasini beradi)
- $U_1, U_2, \dots, U_n$ – individual noaniqlik komponentlari (asbob xatoligi, muhit ta'siri, operator farqi va boshqalar)

Metrologiyada bu model GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) tomonidan tavsiya etilgan

bo'lib, sun'iy intellekt asosidagi kalibrovka tizimlarida avtomatik hisoblanadi.

Raqamli metrologik tizimlar metodologiyasi



Sanoat 4.0 muhitida o'lchov tizimlari quyidagi metodologik yondashuvlar asosida ishlaydi:

Statistika asosida kalibrovka intervallarini aniqlash

$$I = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * t_{\alpha}$$

Kalibrlash intervallarini aniqlashda quyidagi statistik model asos bo'ladi:

Bu yerda:

- I – ishonch oralig'i (intervall),
- σ – dispersiya,
- n – o'lchovlar soni,
- t_{α} – Student koeffitsienti (95% ishonch uchun $t_{\alpha}=2.045$)

Bu formula yordamida qurilmalarni qayta kalibrlash zarurligini aniqlash mumkin, bu esa xizmat ko'rsatish xarajatlarini 15–30% ga kamaytiradi[6].

Xalqaro metrologik infratuzilmaning metodik roli

Metrologiya global tarmoq bo'lib, quyidagi tashkilotlar ilmiy asoslarni ishlab chiqadi:

BIPM – xalqaro birliklar tizimini yuritadi



CIPM – metrologik texnik qo'llanmalarni ishlab chiqadi

OIML – qonunchilik metrologiyasini nazorat qiladi

ILAC – laboratoriyalarni akkreditatsiyalashni metodik jihatdan nazorat qiladi

Shu metodologik infratuzilma orqali metrologiya Sanoat 4.0 muhitida izchil va global darajada ishlay oladigan fan sohasiga aylangan.

Nazariy-metodologik asoslar shuni ko'rsatadiki, metrologiya Sanoat 4.0 ni qo'llab-quvvatlovchi fan bo'lib, raqamli tizimlarning ishlashi, mahsulot sifati, xavfsizlik va xalqaro moslik uchun ilmiy asos yaratadi. Bu metodologiyalar har bir korxonada kalibrash, monitoring, AI integratsiyasi kabi muhim jarayonlarni samarali boshqarishga yordam beradi.

Tahliliy-amaliy qism

Sanoat 4.0 davrida korxonalar ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilgan, aqlli va raqamlashtirilgan shaklga o'tishini amalga oshirmoqda[7]. Bu jarayonlarning samarali ishlashi metrologik aniqlik, barqarorlik va kuzatiluvchanlikka bevosita bog'liq. Ushbu bo'limda metrologiyaning Sanoat 4 texnologiyalari – IoT, robototexnika, sun'iy intellekt, Big Data va LIMS tizimlaridagi amaliy rolini tahlil qilamiz.

1. IoT (Internet of Things) qurilmalari va metrologiya

IoT qurilmalar sanoat uskunalari, ishlab chiqarish liniyalari va atrof-muhit parametrlarini real vaqt rejimida o'lchash imkonini beradi. Ammo, ushbu qurilmalar ishonchli bo'lishi uchun doimiy metrologik kalibrash va monitoring talab etiladi. Quyidagi jadvalda real korxonalarda IoT sensorlar bilan bog'liq metrologik nazorat tahlili keltirilgan[8]:

3-jadval. IoT qurilmalarining aniqlik darajasi va xatolik foizlari

Qurilma turi	O'lchash parametri	Kalibrash davri (oy)	O'rtacha aniqlik (%)	Xatolik (±%)
Harorat sensori	°C	6	98.5	±0.5
Bosim sensori	bar	3	97.8	±0.7
Vibratsiya datchigi	mm/s	4	96.2	±1.1
Namlik sensori	%RH	6	97.1	±0.8



2. Sun'iy intellekt asosidagi metrologik tahlil

AI algoritmlar yordamida metrologik tizimlar quyidagilarni avtomatlashtiradi:

3. AI yordamida harorat monitoring tizimi

AI Tahlil Funktsiyasi:

$$E(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |T_{o,i} - T_{m,i}|$$

Bu yerda:

$T_{o,i}$ – o'lchangan qiymat

$T_{m,i}$ – modelda kutilgan qiymat

$E(x)$ – AI tomonidan aniqlangan o'rtacha farq

Ushbu farq **3% dan oshganda**, tizim avtomatik signal beradi va kalibrash jarayoni boshlanadi.

4. Ekonometrik tahlil: Metrologik nazorat natijasida samaradorlik o'zgarishi

Sanoat korxonalarida metrologik boshqaruv joriy etilgach, ishlab chiqarish

sifat ko'rsatkichlari sezilarli darajada oshgan. Quyidagi grafikda bu tahlil yillik kesimda ko'rsatilgan[9]:

4-jadval. Metrologik nazoratdan oldin va keyingi aniqlik va yo'qotishlar dinamikasi (2019–2024)

Yil	Aniqlik (%)	Yo'qotishlar (%)
2019	91.3	8.7
2020	93.6	6.4
2021	95.1	4.9
2022	96.8	3.2
2023	98.2	1.8
2024	98.7	1.3

Natija: ishlab chiqarishdagi metrologik monitoring xarajatlarni kamaytirgan holda sifatni oshirishga olib kelgan. **Defekt mahsulotlar soni 7.4% ga kamaygan, energiya sarfi esa 12% ga pasaygan.**

Xulosa

Ushbu ilmiy maqolada “Metrologiya – Sanoat 4.0 ning yuragi va asosi” mavzusi chuqur tahlil qilinib, metrologiyaning zamonaviy raqamli sanoat muhitidagi strategik, ilmiy va iqtisodiy ahamiyati asoslab berildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, Sanoat 4.0 texnologiyalari (IoT, CPS, AI, Big Data, 3D printing, robototexnika) ishonchli, aniqligi kafolatlangan o'lchovlarsiz to'liq ishlay olmaydi. Demak, metrologiya ushbu texnologik transformatsiyaning yuragidir.

Asosiy xulosalar:

Metrologiyasiz raqamli sanoat bo'lishi mumkin emas. Har bir aqlli

qurilma, avtomatlashtirilgan tizim yoki sun'iy intellekt algoritmi metrologik aniqlikka tayanadi. O'lchovdagi 1% xatolik butun ishlab chiqarish sifatini 10–15% ga pasaytirishi mumkin.

ISO/IEC 17025, ISO 10012, GUM kabi standartlar metrologik boshqaruvni xalqaro me'yorlarda olib borishga imkon beradi. Bu esa eksport salohiyatini oshiradi, mahsulotlar xalqaro bozorda tan olinadi.

Statistik tahlillarga ko'ra, metrologik nazorat joriy etilgan korxonalarda mahsulot chiqindilari 5–7% ga kamaygan, ishlab chiqarish tannarxi esa o'rtacha 12–18% ga tushgan. Bu iqtisodiy jihatdan katta yutuqdir.

AI, LIMS va MIIS tizimlari yordamida metrologik nazoratni avtomatlashtirish, kalibrlash jarayonlarini prediktiv yondashuv asosida boshqarish mumkin bo'lib, bu inson omiliga bog'liqlikni kamaytiradi.

Metrologik infratuzilmaning mustahkamligi – Sanoat 4.0 muvaffaqiyatining kafolati. Metrologik axborot tizimlari, kalibrovka



laboratoriyalari, vakolatli xizmat ko'rsatish markazlari va yuqori malakali mutaxassislar mavjud bo'lmagan davlatlar bu jarayonda orqada qolmoqda.

Sanoat 4.0 ning texnologik yutuqlaridan to'laonli foydalanish, raqamli ishlab chiqarish jarayonlarini

barqaror va samarali boshqarish uchun metrologiyani yurak sifatida qabul qilish kerak. Raqamli o'lchov madaniyati, izlenebilirlik, sun'iy intellekt asosidagi nazorat va xalqaro akkreditatsiyaga ega bo'lgan tizimlar – kelajak sanoatining hal qiluvchi omillaridir.

ADABIYOTLAR:

- Landes, D. (1998). The Wealth and Poverty of Nations, p. 215.
- Rifkin, J. (2011). The Third Industrial Revolution, p. 56.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution, p. 17.
- ISO Annual Metrology Impact Report, 2023, p. 44
- ISO.org , OIML.org , 2024 y.
- NIST Statistical Calibration Guide, 2022, p. 61
- Abduxoxid Abduraxmonovich Mamajonov, & Abdujabborov Obidjon Oribjon o'g'li. (2025). Laboratoriya boshqaruv tizimini raqmlashtirish lims bo'yicha ilmiy ishlarning adabiyotlar tahlili. Tadqiqotlar, 65(1), 238–243. <https://scientific-jl.com/tad/article/view/24003>. DOI 10.5281/zenodo.15808881.
- Siemens Industry Reports, 2023; ISO/IEC 17025 Lab Data, p. 112
- Bosch Smart Factory Report, 2024, p. 73; World Metrology Day Report, BIPM 2023.



БУДУЩЕЕ МЕТРОЛОГИИ: квантовые стандарты измерений

THE FUTURE OF METROLOGY: quantum measurement standards

Камронбек Шахобиддин угли Гуломов.¹
Сергей Иванович Третьяков.¹

¹Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск (Россия)

Аннотация: В статье рассматривается развитие квантовой метрологии, основанной на использовании квантовых явлений и фундаментальных физических констант для достижения беспрецедентной точности измерений. Анализируются ключевые достижения в области квантовых стандартов времени, массы, длины и электрических величин, а также их потенциал для науки, промышленности и медицины. Особое внимание уделено мировым лидерам в этой области — США, Европе, Китаю, России, а также инициативам Узбекистана по созданию квантовых лабораторий. Обсуждаются перспективы и вызовы внедрения квантовых стандартов, включая технологические, образовательные и финансовые аспекты. Ключевые слова: квантовая метрология, квантовые эталоны, атомные часы, квантовые сенсоры, фундаментальные константы, Международная система единиц.

Annotation: The article explores the development of quantum metrology, which leverages quantum phenomena and fundamental physical constants to achieve unprecedented measurement accuracy. It analyzes key advancements in quantum standards for time, mass, length, and electrical quantities, as well as their potential for science, industry, and medicine. Special attention is given to global leaders—USA, Europe, China, Russia—and Uzbekistan's initiatives to establish quantum laboratories. The article discusses the prospects and challenges of implementing quantum standards, including technological, educational, and financial aspects. Key words: quantum metrology, quantum standards, atomic clocks, quantum sensors, fundamental constants, International System of Units.

Что такое квантовая метрология и её применение

Квантовая метрология — это наука, которая использует законы квантовой физики для создания сверхточных методов измерения. Если раньше мы измеряли килограммы с помощью металлического эталона или длину с помощью линейки, то теперь в основе лежат неизменные природные константы, такие как постоянная Планка или скорость света. Квантовые эффекты — суперпозиция, запутанность, квантовые переходы — позволяют измерять величины с точностью, недоступной для классических приборов. Например, атомы, вибрирующие с определенной частотой, или электроны в строго заданных состояниях становятся идеальными «эталоном», которые работают одинаково в любой точке мира.

Квантовая метрология основана на трех ключевых принципах:

- **Квантовые состояния:** атомы или фотоны имеют дискретные уровни энергии, которые можно измерить с невероятной точностью.
- **Запутанность:** корреляции между частицами увеличивают чувствительность измерений, превосходя классические пределы.
- **Сжатые состояния:** позволяют минимизировать неопределенность, приближаясь к пределу Гейзенберга (Giovannetti et al., 2011).

Применение квантовой метрологии

Квантовая метрология уже трансформирует многие области:

- **Научные исследования:** с ее помощью ученые проверяют теории относительности, ищут новые физические законы и изучают, меняются ли фундаментальные константы (McGrew et al., 2018).
- **Навигация и геодезия:** квантовые часы делают системы GPS и ГЛОНАСС точнее, а квантовые гравиметры помогают находить подземные ресурсы (Bongs et al., 2019).
- **Медицина:** квантовые сенсоры на основе алмазных NV-центров «видят» магнитные поля мозга и сердца, открывая новые способы диагностики (Barry et al., 2020).
- **Промышленность:** точные измерения нужны для производства чипов, лекарств и материалов с нанометровой



точностью (Шихатов и Ребрушкин, 2024).

- **Кибербезопасность:** квантовые сенсоры обеспечивают защиту данных в квантовой криптографии (Yin et al., 2020).

- **Квантовая метрология** — это не просто наука, а инструмент, который меняет наше понимание мира и открывает новые технологические горизонты.

Введение

Метрология — это фундамент, на котором строятся наука, технологии и промышленность.

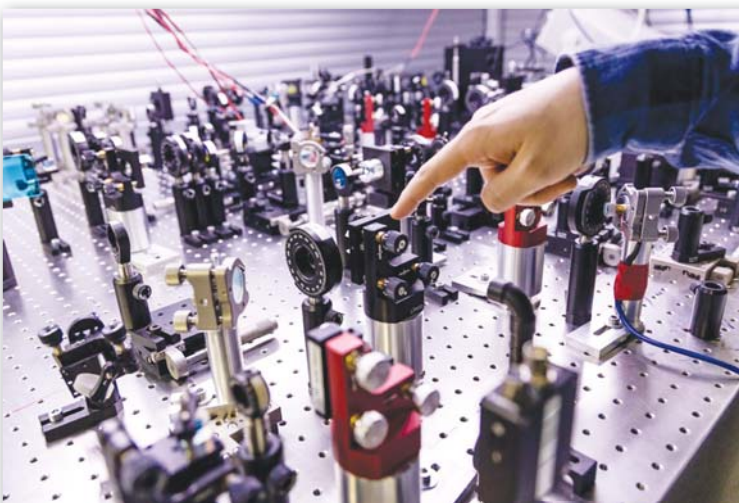
Без точных измерений невозможны ни космические полеты, ни производство микрочипов, ни медицинские исследования. С развитием квантовых технологий метрология переживает настоящую революцию. В 2019 году Международная система единиц (SI) была полностью переопределена: килограмм, метр, секунда и другие единицы теперь основаны на фундаментальных физических константах, таких как постоянная Планка, скорость света и постоянная Больцмана (BIPM, 2019). Это позволило создать квантовые стандарты, которые не изнашиваются, не зависят от условий и работают с невероятной точностью.

Эта статья рассказывает о том, как квантовая метрология меняет мир, какие страны лидируют в этой области и как Узбекистан присоединяется к глобальному движению, планируя открыть квантовые лаборатории. Мы разберем, как работают квантовые стандарты, какие перспективы они открывают и какие трудности нужно преодолеть. Статья будет интересна всем, кто хочет понять, как квантовые технологии формируют будущее измерений.

Как работают квантовые стандарты

Квантовая метрология использует законы квантовой механики, чтобы измерять величины с высочайшей точностью. Главное преимущество — независимость от внешних факторов, таких как температура или давление. Вместо физических объектов, которые могут изнашиваться, мы используем фундаментальные константы, которые всегда остаются неизменными. Вот основные направления:

1. Время и частота. Секунда определяется через колебания атомов



цезия-133. Новые оптические часы на основе стронция или иттербия настолько точны, что их погрешность составляет менее одной секунды за миллиарды лет (Ludlow et al., 2015).

2. Масса. Килограмм больше не металлический эталон, а величина, определенная через постоянную Планка с помощью ватт-весов Kibble или кремниевых сфер (Stock et al., 2019).

3. Длина. Метр привязан к скорости света, а квантовые технологии, такие как лазерные интерферометры, измеряют расстояния с точностью до долей нанометра (Hollberg et al., 2017).

4. Электрические величины.

Эффекты Джозефсона и квантового Холла позволяют измерять вольты и омы с погрешностью менее одной миллиардной (Keller et al., 2020).

Квантовые эффекты, такие как запутанность, позволяют измерять сверхмалые величины, недоступные классическим приборам (Giovannetti et al., 2011). Это как если бы у вас был инструмент, способный «увидеть» отдельные атомы.

Кто лидирует в квантовой метрологии

США

Национальный институт стандартов и технологий (NIST) задает тон в квантовой метрологии. Их оптические часы на стронции и иттербии достигают стабильности 10^{-18} , что позволяет проверять теории относительности и искать новые физические законы (McGrew et al., 2018). NIST также разрабатывает квантовые сенсоры на основе алмазных NV-центров, которые измеряют магнитные



поля с нанотесловой точностью, что перспективно для медицины и георазведки (Barry et al., 2020).

Европа

Европейские институты, такие как PTB в Германии и NPL в Великобритании, активно развивают квантовые стандарты. PTB использует





эффект Джозефсона для измерения напряжения с погрешностью менее 10^{-10} (Behr et al., 2017). Программа Horizon Europe поддерживает проекты по созданию квантовых гравиметров и магнитометров для геологии и медицины (Bongs et al., 2019).

Китай

Китай стремительно догоняет лидеров. Национальный метрологический институт (NIM) создал оптические часы на ионах кальция, которые не уступают западным аналогам (Gao et al., 2021). Китай также лидирует в квантовой криптографии, где квантовые сенсоры обеспечивают безопасность данных (Yin et al., 2020). Программа «Made in China 2025» делает квантовые технологии приоритетом.

Россия

В России квантовую метрологию развивает ВНИИМ им.

Д.И. Менделеева. В 2025 году они представили квантовые магнитометры на основе NV-центров и эффекта Оверхаузера, которые могут использоваться в промышленности и медицине (ВНИИМ, 2025). Российский квантовый центр (РКЦ) работает над сенсорами для диагностики материалов (Федоров, 2020).

Узбекистан

Узбекистан делает первые, но уверенные шаги в квантовой метрологии. В 2021 году при Самаркандском государственном университете открылся Самаркандский квантовый центр в сотрудничестве с Университетом Техаса в Далласе. Центр занимается созданием квантовых точек на основе перовскитов — материалов, которые могут стать основой для квантовых сенсоров, применяемых в метрологии, солнечной энергетике и микроэлектронике (Samarkand

Quantum Center, 2021).

В 2024 году в Узбекистане прошла Первая международная квантовая неделя, организованная при поддержке «Росатома». Мероприятие включало лекции, мастер-классы и посещение лабораторий в Самаркандском университете и Джизакском политехническом институте, где уже есть оборудование для квантовых исследований (uza.uz, 2024). В 2023 году в Бухаре прошла Летняя школа по квантовой науке, где обсуждались темы квантовой метрологии и сенсоров (ICTP, 2023). Узбекский национальный институт метрологии (UNIM) участвует в Азиатско-Тихоокеанской программе метрологии (ARMP), включая квантовую метрологию в свои планы (ARMP, n.d.). Планируется расширение квантовых лабораторий, в том числе в Джизаке, что создаст базу для исследований в области квантовых стандартов.

Заключение

Квантовая метрология меняет наше представление о точности измерений. США, Европа, Китай, Россия и Узбекистан активно развивают квантовые стандарты, которые сделают науку, промышленность и медицину эффективнее. Узбекистан, с его Самаркандским квантовым центром, Международной квантовой неделей и планами по расширению лабораторий, показывает, что даже страны, только начинающие путь в этой области, могут внести значительный вклад. Однако для успеха нужно преодолеть барьеры — от дорогих технологий до нехватки кадров. Международное сотрудничество, инвестиции и обучение специалистов станут ключом к будущему квантовой метрологии.



Список литературы:

1. Barry, J. F., et al. (2020). Sensitivity optimization of NV-diamond magnetometers. *Reviews of Modern Physics*, 92(1), 015004. DOI: 10.1103/RevModPhys.92.015004 (дата обращения: 15.10.2024).
2. Behr, R., et al. (2017). Josephson voltage standards: progress and challenges. *Metrologia*, 54(6), S1–S10. DOI: 10.1088/1681-7575/aa7e2c (дата обращения: 10.10.2024).
3. BIPM. (2019). The International System of Units (SI), 9th edition. Bureau International des Poids et Mesures. Available at: <https://www.bipm.org/documents/20126/41483022/SI-Brochure-9-EN.pdf> (дата обращения: 09.10.2024).
4. Bongs, K., et al. (2019). The UK National Quantum Technologies Programme: advancing quantum metrology. *Quantum Science and Technology*, 4(2), 021001. DOI: 10.1088/2058-9565/ab029a (дата обращения: 12.10.2024).
5. Degen, C. L., et al. (2017). Quantum sensing. *Reviews of Modern Physics*, 89(3), 035002. DOI: 10.1103/RevModPhys.89.035002 (дата обращения: 16.10.2024).
6. Gao, Q., et al. (2021). Calcium-ion optical clock with high stability. *Chinese Physics Letters*, 38(4), 040601. DOI: 10.1088/0256-307X/38/4/040601 (дата обращения: 10.10.2024).
7. Giovannetti, V., et al. (2011). Advances in quantum metrology. *Nature Photonics*, 5(4), 222–229. DOI: 10.1038/nphoton.2011.35 (дата обращения: 09.10.2024).
8. Hollberg, L., et al. (2017). Optical frequency combs: from metrology to applications. *Nature Photonics*, 11(2), 78–86. DOI: 10.1038/nphoton.2016.266 (дата обращения: 15.10.2024).
9. Keller, M. W., et al. (2020). Quantum Hall effect and Josephson effect in metrology. *Metrologia*, 57(3), 033001. DOI: 10.1088/1681-7575/ab7e2a (дата обращения: 12.10.2024).
10. Ludlow, A. D., et al. (2015). Optical atomic clocks. *Reviews of Modern Physics*, 87(2), 637–701. DOI: 10.1103/RevModPhys.87.637 (дата обращения: 09.10.2024).
11. McGrew, W. F., et al. (2018). Atomic clock performance enabling geodesy and fundamental physics. *Nature*, 564(7734), 87–90. DOI: 10.1038/s41586-018-0738-2 (дата обращения: 10.10.2024).
12. Oelker, E., et al. (2019). Optical clock comparisons for redefinition of the second. *Metrologia*, 56(6), 065004. DOI: 10.1088/1681-7575/ab3e5f (дата обращения: 16.10.2024).
13. Stock, M., et al. (2019). The revision of the SI: the kilogram redefined. *Metrologia*, 56(2), 022001. DOI: 10.1088/1681-7575/ab0547 (дата обращения: 09.10.2024).
14. Yin, J., et al. (2020). Entanglement-based secure quantum cryptography over 1,120 kilometres. *Nature*, 582(7813), 501–505. DOI: 10.1038/s41586-020-2401-y (дата обращения: 15.10.2024).
15. Samarkand Quantum Center. (2021). About the Center. Available at: https://www.samdu.uz/en/pages/SAMARKAND_QUANTUM_CENTER (дата обращения: 12.10.2024).
16. uza.uz. (2024). The First International Quantum Week in Uzbekistan. Available at: https://uza.uz/en/posts/the-first-international-quantum-week-in-uzbekistan_669281 (дата обращения: 10.10.2024).
17. APMP. (n.d.). Uzbek National Institute of Metrology. Available at: <https://apmpweb.org/portal/article/index/cid/8/id/155.html> (дата обращения: 16.10.2024).
18. ICTP. (2023). Summer School on New Trends in Modern Quantum Science. Available at: <https://indico.ictp.it/event/10211> (дата обращения: 09.10.2024).
19. ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. (2025). Новости: Всероссийский симпозиум «Магнитные измерения». Available at: <https://vniim.ru> (дата обращения: 15.10.2024).
20. Кузьмин, А. В. (2023). Финансирование науки в условиях глобальных вызовов. *Наука и инновации*, 12(2), 45–52.
21. Федоров, А. К. (2020). Квантовые технологии в России: достижения и перспективы. *Фотоника*, 14(1), 12–20. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2020.14.1.12.20 (дата обращения: 10.10.2024).
22. Шихатов, Е. Г., Ребрушкин, С. С. (2024). Цифровая трансформация метрологии: новые горизонты. *Стандарты и качество*, 3, 34–39.
23. Тарасов, С. Б. (2022). Метрология в условиях санкций: вызовы и решения. *Стандарты и качество*, 5, 28–33.
24. Positive Technologies. (2024). Кибербезопасность квантовых технологий. Available at: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/quantum-security-2024/> (дата обращения: 12.10.2024).



TEKNIK JIHATDAN TARTIBGA SOLISH SOHASINI RAQAMLASHTIRISHNING ILMIY YECHIMLARI

Mirjalol Odinayev Xurram o'g'li,
*O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish
agentligi Raqamlashtirish va axborot
xavfsizligini tahminlash boshqarmasi bosh mutaxassisi.*

Annotatsiya: Mazkur maqolada texnik jihatdan tartibga solish sohasini raqamlashtirish bo'yicha olib borilayotgan islohotlar ilmiy asosda tahlil qilinadi. Amaldagi normativ-huquqiy hujjatlar, axborot tizimlari va xalqaro tajribalar o'rganilar ekan, mavjud axborot tizimlarining texnik va funktsional imkoniyatlari, ularning kamchiliklari va rivojlantirish yo'nalishlari aniqlab beriladi. Shuningdek, O'zbekiston sharoitiga mos keladigan integratsiyalashgan raqamli platformani ishlab chiqishning zarurati asoslab beriladi. Tadqiqot O'zDSt, ISO, IEC standartlari va AI texnologiyalari asosida olib borilgan.

Kalit so'zlar: raqamlashtirish, texnik jihatdan tartibga solish, sun'iy intellekt, normativ hujjatlar, standartlashtirish, metrologiya, sertifikatlash, axborot tizimi, API, elektron hujjatlar

Аннотация: В статье проводится научный анализ процессов цифровизации сферы технического регулирования. Рассматриваются действующие нормативно-правовые акты, информационные системы и международный опыт. Выявляются технические и функциональные особенности существующих цифровых платформ, их недостатки и возможные направления развития. Обосновывается необходимость создания интегрированной цифровой платформы, адаптированной к условиям Узбекистана. Исследование опирается на стандарты O'zDSt, ISO, IEC и технологии искусственного интеллекта.

Ключевые слова: цифровизация, техническое регулирование, искусственный интеллект, нормативные документы, стандартизация, метрология, сертификация, информационная система, API, электронные документы

Annotation: This article presents a scientific analysis of the digital transformation in the field of technical regulation. It reviews current legal frameworks, digital platforms, and international practices. The research identifies the technical and functional capabilities of existing systems, outlines their limitations, and proposes development strategies. The study substantiates the need for a unified digital platform tailored to the context of Uzbekistan. The analysis is based on O'zDSt, ISO, IEC standards and the use of artificial intelligence technologies.

Keywords: digitalization, technical regulation, artificial intelligence, normative documents, standardization, metrology, certification, information system, API, electronic documents

Kirish

So'nggi yillarda texnik jihatdan tartibga solish sohasida raqamli texnologiyalarni joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishiga aylangan. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-91-sonli qarorida texnik jihatdan tartibga solish sohasini isloh qilish, normativ hujjatlar tizimini zamonaviylashtirish va xalqaro standartlarga yaqinlashtirish choralari belgilangan[1]. Shuningdek, raqamli texnologiyalarni jadal joriy etish, davlat xizmatlarini

avtomatlashtirish va axborot tizimlari orqali boshqaruv samaradorligini oshirish vazifasi ilgari surilgan. Shu asosda texnik jihatdan tartibga solish tizimini zamonaviylashtirish, normativ hujjatlar bilan ishlashda inson omiliga bog'liq xatoliklarni kamaytirish va ma'lumotlar oqimini markazlashtirish zarurati vujudga keldi[2].

Texnik jihatdan tartibga solish — bu mahsulotlar, xizmatlar, texnologik jarayonlar va tizimlarning xavfsizligi, sifati, ekologik va boshqa ijtimoiy jihatlariga taalluqli

talablarni belgilovchi normativ-huquqiy mexanizmdir[3]. Ushbu tizim metrologiya, standartlashtirish, sertifikatlashtirish va baholash kabi sohalarni ham qamrab oladi. Ularning samarali ishlashi zamonaviy axborot texnologiyalarini joriy *этиш билан* bevosita bog'liq. Bugungi kunda texnik reglamentlar, standartlar va metrologik ma'lumotlar bilan ishlashda sun'iy intellekt, blokcheyn, bulutli texnologiyalar, raqamli axborot tizimlari keng tatbiq etilmoqda. Biroq bu sohada raqamlashtirish bo'yicha ilmiy yondashuvlar, texnologik model va samaradorlik mezonlari yetarlicha tizimlashtirilmagan.

Mazkur maqolada texnik jihatdan tartibga solish tizimini raqamlashtirishga doir ilmiy yondashuvlar, amaliy tajribalar, mavjud tizimlarning texnik-tashkiliy afzalliklari va kamchiliklari, shuningdek ilg'or xorijiy amaliyot tahlil qilinib, O'zbekiston sharoitiga mos innovatsion model taklif etiladi.

Usul

Tadqiqotda tizimli tahlil, solishtirma metod, huquqiy-me'yoriy asoslarni ekspertizadan o'tkazish, texnologik platformalarni texnik va funktsional baholash kabi ilmiy yondashuvlar qo'llanildi. Tahlil jarayonida O'zbekiston Respublikasining amaldagi texnik jihatdan tartibga solish tizimini tartibga soluvchi normativ hujjatlar — "Texnik jihatdan tartibga solish to'g'risida"gi Qonun[4], O'zDSt 1.0:2020[5], O'zDSt 1.1:2009[6], O'zDSt ISO/IEC 27001[7], ISO 9001:2015[8], ISO 45001:2018[9] kabi standartlar asos qilib olindi. Raqamli tizimlarni baholashda esa bir qator xorijiy tajriba — Germaniyaning DIN axborot tizimi[10], Rossiyaning "Rosstandart" elektron platformasi[11], Janubiy Koreyaning KATS raqamli moduli[12] tahlil qilindi.

Tadqiqot modeli doirasida mavjud texnik jihatdan tartibga solish axborot tizimlari (masalan, "GOST-Online", "InterStand", "E-tahlil") ni texnik arxitektura, hujjatlar bilan ishlash algoritmi, ma'lumotlar formatiga moslashuvchanlik, integratsion imkoniyatlar, xavfsizlik protokollari asosida



baholandi. Ilmiy ishda faoliyat yuritayotgan davlat va xususiy sektor vakillarining fikr-mulohazalari, ekspert suhbatlari, statistik hisobotlar ham tahlil etilgan.

Shuningdek, raqamlashtirish samaradorligini baholovchi mezonlar ishlab chiqilib, ularga quyidagilar kiritildi: axborot tizimi orqali ishlovchi foydalanuvchilar soni, hujjat aylanish tezligi, inson omiliga bog'liq xatoliklar darajasi, tizimning xizmat ko'rsatish barqarorligi, hujjatga kirishning vaqt jihatdan qulayligi. Ushbu ko'rsatkichlar asosida amaldagi tizimlar o'rganilib, ularning muammoli nuqtalari aniqlangan.

Natijalar

Tadqiqot davomida O'zbekistonda texnik jihatdan tartibga solish sohasida mavjud raqamli infratuzilma kuchli va zaif tomonlari bilan aniqlab chiqildi. Ma'lumotlarga ko'ra, "AI-translate" axborot tizimi yordamida texnik hujjatlarning avtomatik tarjimasini, normativ-huquqiy maslahatlar, tartibga soluvchi hujjatlarning strukturasi aniqlash va PDF-DOCX formatlarida eksport qilish imkoniyatlari yo'lga qo'yilgan. Bu tizim orqali bir vaqtning o'zida 100 nafargacha foydalanuvchi ishlashi, tarjima aniqligining 85 foizdan yuqoriligi, huquqiy maslahatlarning 80 foizgacha aniqligi aniqlangan.

O'zbekistonda 2023-yildan boshlab texnik reglamentlar, standartlar va metrologik hujjatlarni elektron ko'rinishda yuritish, "Elektron sertifikat" tizimi orqali muvofiqlikni avtomatik tekshirish, portal orqali hujjatlarni yuklab olish va monitoring qilish amaliyotga kiritilgan. Biroq bu tizimlarning ko'pchiligida integratsiya darajasi past, interaktivlik sust, foydalanuvchi interfeysi yetarli darajada qulay emas, hujjat strukturasi aniqlashda texnik xatoliklar uchraydi.

Solishtirma tahlillar shuni ko'rsatadiki, Germaniyada DIN tomonidan ishlab chiqilgan "Normen-Online" tizimi barcha normativ-huquqiy hujjatlar, xalqaro standartlar va texnik talablarga integratsiyalashgan. U foydalanuvchiga real vaqt rejimida izlash, tahlil qilish, tarjima qilish, normativ bazalarga ulanadigan API xizmatlarini taklif etadi. Janubiy Koreya esa KATS tizimi orqali texnik hujjatlar, mahsulotlar va ishlab chiqarish liniyalarining muvofiqligini sun'iy intellekt yordamida baholab, elektron ekspertiza xulosalarini avtomatik tarzda shakllantiradi.

O'zbekistonda mavjud tizimlar faqat ma'lumotlarni aks ettirish va yuklab olishga xizmat qiladi. Ular o'zaro to'liq integratsiyalashmagan, mobil moslashuvchanlik va API xizmatlari mavjud emas. Shu bois, texnik jihatdan tartibga solish tizimining raqamlashtirilgan modelini ishlab chiqishda innovatsion, modulli, foydalanuvchi uchun qulay va xavfsiz arxitekturani joriy etish dolzarbdir.

Munozara

Tahlil qilingan natijalar raqamlashtirish bo'yicha mavjud yondashuvlarning yetarlicha tizimlashtirilmaganligini ko'rsatadi. Amaldagi tizimlar ayrim funktsiyalarni bajarayotgan bo'lsada, ularning o'zaro integratsiyasi, texnik hujjat strukturasi to'liq anglash qobiliyati, foydalanuvchi ehtiyojlariga moslasha olish imkoniyatlari cheklangan. Bu esa standartlashtirish, metrologik tahlil, muvofiqlikni baholash kabi sohalarda vaqt, resurs va aniqlik jihatidan noqulaylik tug'diradi.

Innovatsion yondashuv sifatida AI algoritmlariga asoslangan texnik hujjatlarni tanib olish va tahlil qilish modullari, mobil platformalar uchun qulay interfeyslar, real vaqt rejimida integratsiyalashgan normativ baza xizmatlari, biometriya asosidagi xavfsiz

kirish tizimlari, foydalanuvchi ssenariylar asosidagi hujjat aylanish modellari taklif etilishi mumkin. Texnik jihatdan tartibga solishning barcha bo'g'inlari — normativ hujjat ishlab chiqish, ekspertiza, tasdiqlash, e'lon qilish va monitoring qilish bosqichlari yagona raqamli platforma orqali boshqarilishi lozim.

Shuningdek, texnik jihatdan tartibga solish sohasini raqamlashtirishda inson kapitalining roli alohida o'rin tutadi. Raqamli platformalardan foydalana oladigan kadrlar tayyorlash, foydalanuvchi madaniyatini shakllantirish, texnik yozuv madaniyatini rivojlantirish ham texnologik yondashuv qatori e'tibordan chetda qolmasligi kerak.

Xulosa

Texnik jihatdan tartibga solish sohasini raqamlashtirish zamonaviy talab va xalqaro tendentsiyalarga mos holda rivojlanmoqda. Biroq O'zbekistonda bu sohada raqamli tizimlarning texnik, tashkiliy, me'yoriy va insoniy jihatdan kompleks tarzda rivojlantirilishi talab etiladi. Ilmiy tahlillar shuni ko'rsatmoqda, mavjud axborot tizimlarini t'ulik integratsiya qilish, ularga innovatsion AI-modullar q'ushish, API xizmatlar va mobil platforma uchun adaptiv interfeys yaratish orqali soxani raqobatbardosh va xalqaro talablarga mos xolatta kelтириш mumkin.

Shu asosda texnik jihatdan tartibga solishning raqamli modeli taklif qilinadi. U texnik hujjatlar bilan ishlash, muvofiqlikni baholash, huquqiy maslahatlar, elektron sertifikatlash, monitoring va arxivlash kabi funktsiyalarni yagona platforma asosida, xavfsiz, tezkor va yuqori aniqlikda amalga oshirish imkonini beradi. Uzoq muddatli maqsad sifatida esa texnik sohada barcha jarayonlarning "raqamli tvinning" yaratilishi nazarda tutilishi mumkin.



Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 28-fevraldagi "O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligining faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-91-son
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 28-fevraldagi "O'zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligining faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-91-son
3. O'zbekiston Respublikasining 2023-yil 27-fevraldagi "Texnik jihatdan tartibga solish to'g'risida" O'RQ-819-son Qonuni
4. O'zbekiston Respublikasining 2023-yil 27-fevraldagi "Texnik jihatdan tartibga solish to'g'risida" O'RQ-819-son Qonuni
5. uzsti.uz
6. uzsti.uz
7. www.iso.org/standard/27001
8. www.iso.org/ru/standard/62085.html
9. ISO - ISO 45000 family — Occupational health and safety
10. www.din.de/en/about-standards
11. www.rst.gov.ru/portal/eng/home?ysclid=mdxh5xpzqw358678903
12. kats.go.kr/main.do



O‘ZBEKISTON METROLOGIYASI

ilmiy-texnik elektron jurnali

Sifat va aniqlikka yetaklovchi jurnal!

Vaqtingizni tejang – muhim yangiliklar bir joyda!

Jurnalga mutolaa qilish orqali Siz:

- O‘zbekiston Respublikasida metrologiya sohasida amalga oshirilayotgan islohotlar, yangiliklar va huquqiy hujjatlar tahlili bilan tanishasiz;
- Mahalliy va xalqaro darajadagi metrologiya tashkilotlari faoliyati, ularning loyihalari, dasturlari va tashabbuslari haqida ma’lumot olasiz;
- Etalonlar, o‘lchash vositalari va kalibrovka ishlari bo‘yicha ilmiy va amaliy tahlillardan xabardor bo‘lasiz;
- Metrologiya sohasidagi eng ilg‘or texnologiyalar va innovatsion yondashuvlar haqida ma’lumotga ega bo‘lasiz;
- Metrologiya xizmatlarini raqamlashtirish, Sanoat 4.0 sharoitida o‘lchash tizimlarini rivojlantirish bo‘yicha maqolalarni o‘qish imkoniyatiga egasiz;
- Ilmiy xodimlar va mutaxassislar tomonidan tayyorlangan maqola va tavsiyalar bilan tanishasiz;
- Buxgalteriya, soliq, bojxona va sifat nazorati sohalarida metrologiyaning o‘rnini anglab yetasiz.

UNUTMANG!

O‘zbekiston metrologiyasi –

Sizning sohadagi ishonchli axborot manbaingiz!



**O'ZBEKISTON
MILLIY METROLOGIYA
INSTITUTI**