KORXONALARDA METROLOGIK TA'MINOTNI JORIY ETISH ORQALI YUQORI SAMARADORLIKKA ERISHISH

Valiyeva Shoxsanam Saidovna
Buxoro davlat texnika universiteti "Metrologiya va metrologik ta'minot" yo'nalishi doktaranti
Avliyakulov Nodir Nizomovich
Buxoro davlat texnika universiteti "Metrologiya va metrologik ta'minot" yo'nalishi doktaranti
Tel: 99 022 12 99

Annotatsiya. Maqolada turli ishlab chiqarish korxonalarida metrologik ta'minotni tashkil etish, uning samaradorlikka ta'siri hamda metrologik ta'minotning tarkibiy qismlari yoritilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, metrologik ta'minotni takomillashtirish mahsulot sifatini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va korxona raqobatbardoshligini ta'minlashda muhim omil hisoblanadi.

Kalit so'zlar: metrologik ta'minot, metrologik ta'minot tashkil etuvchilari, korxonalar, ishlab chiqarish, xomashyo, yuqori samaradorlik, tizim, ketma-ketlik, kalibrlash, o'lchov vositalari, sifat nazorati, raqamlashtirish.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы организации метрологического обеспечения на производственных предприятиях различных типов, его существенное влияние на эффективность, а также составляющие элементы метрологического обеспечения. Результаты исследований свидетельствуют о том, что совершенствование метрологического обеспечения является ключевым фактором повышения качества продукции, снижения издержек и обеспечения конкурентоспособности предприятия.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, составляющие метрологического обеспечения, предприятия, производство, сырье, высокая эффективность, система, последовательность, калибровка, средства измерений, контроль качества, цифровизация.

Abstract. This article examines the organization of metrological support at manufacturing enterprises of various types, its significant impact on efficiency, and the components of metrological support. The research results indicate that improving metrological support is a key factor in enhancing product quality, reducing costs, and ensuring enterprise competitiveness.

Keywords: metrological support, components of metrological support, enterprises, production, raw materials, high efficiency, system, sequence, calibration, measuring instruments, quality control, digitalization.

KIRISH.

Bugungi kunda iqtisodiy samaradorlik eng yuqori baholanadigan ko'rsatkichlardan biriga aylangan. Iqtisodiy jihatdan barqaror va yuksak darajada

ISSN 3030-3907

rivojlangan ishlab chiqarish jahon bozoridagi o‘rnini yo‘qotmaydi. Bunday samaradorlikka erishish uchun har bir ishlab chiqaruvchi korxona metrologik ta’minotga alohida e’tibor qaratishi lozim. Zamonaviy iqtisodiyot sharoitida korxonalarning raqobatbardoshligi ko‘p jihatdan ishlab chiqarilayotgan mahsulot va xizmatlar sifatiga bog‘liq. Mahsulot sifatini ta’minlashning asosiy vositalaridan biri esa korxonada yo‘lga qo‘yilgan metrologik ta’minot tizimidir.

Hozirgi paytda ko‘plab korxonalarda metrologik ta’minot tizimi eskirgan uskunalar, malakali kadrlar yetishmasligi va zamonaviy raqamli yechimlarning yo‘qligi sababli talab darajasida emas. Bu ishlab chiqarish xarajatlarining oshishiga, yaroqsiz mahsulotlar (brak) sonining ko‘payishiga va mijozlar ishonchining pasayishiga olib kelmoqda. Buning oldini olish uchun korxonada yangi metrologik ta’minotni joriy etish, kalibrlangan o‘lchov vositalaridan kengroq foydalanish va raqamlashtirishga e’tibor qaratish zarur. Yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarishning asosi esa ilg‘or texnologiyalar va yuqori o‘lchash aniqligidir.

O‘z DSt 8.010:2004 standartiga ko‘ra, ishlab chiqarishning metrologik ta’minoti metrologik xizmatlarni ishlab chiqishda o‘lchashlar birligini ta’minlashga qaratilgan faoliyatdir.

Ushbu faoliyat quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

– tashkilot yoki korxonadagi o‘lchashlar holatini tahlil qilish;

– o‘lchanishi lozim bo‘lgan kattaliklarning ratsional nomenklaturasini, o‘lchash vositalari nomenklaturasini, o‘lchash me’yorlari va aniqliklarini belgilash;

– belgilangan aniqlikka mos o‘lchashlarni bajarish uslubiyotlarini ishlab chiqish;

– metrologik me’yoriy hujjatlarni joriy etish;

– korxonada metrologik qoidalar, me’yorlar va talablarga rioya etilishini ta’minlash.

Maqola mavzusi uchun asosiy tushunchalardan biri — metrologik ta’minotdir. U talab etilgan o‘lchash aniqligi va birligiga erishish uchun zarur bo‘lgan texnik vositalar, qoida va me’yorlar hamda ilmiy va tashkiliy asoslarni yaratish va qo‘llashni anglatadi. Kengroq izohlaganda, bu mamlakatda zarur etalonlar, namunaviy va ishchi o‘lchash vositalarini yaratish, ularni to‘g‘ri tanlash va qo‘llash, metrologik qoida va me’yorlarni ishlab chiqish va joriy etish, shuningdek, iqtisodiyot tarmoqlarida, vazirliklarda, korxonalarda va ish joylarida o‘lchash sifatini ta’minlashga qaratilgan metrologik ishlarni bajaruvchi metrologik va boshqa xizmatlar faoliyatidir.

Korxonalarda metrologik ta’minotning ishonchlilik zanjiri o‘lchov vositalari majmuasi, qiyoslash oralig‘i va raqamli monitoring bilan bevosita bog‘liq [1]. ISO

ISSN 3030-3907

10012 talablariga ko‘ra, o‘lchov jarayonlarini boshqarish korxona samaradorligiga ta’sir ko‘rsatadi [1].

Shu asosda 5–7 ta ishlab chiqarish uchastkasi va 1 ta ichki metrologik audit ma’lumotlari tahlil qilindi. Tadqiqot ob’ekti — korxonalardagi metrologik ta’minot tizimi. Tadqiqot predmeti — o‘lchovlarning ishonchliligi, kalibrlash sikli va uskunalarning to‘xtab qolish vaqti. Maqsad — metrologik ta’minotni takomillashtirish orqali yuqori samaradorlikka erishish yo‘llarini aniqlash. Buning uchun quyidagilar bajarildi: 1) qiyoslash uzelidagi cheklovlar baholandi; 2) noaniqlik GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement — o‘lchash noaniqligini ifodalash bo‘yicha xalqaro qo‘llanma) bo‘yicha hisoblandi [3]; 3) regressiya modeli tuzildi; 4) raqamli monitoring moduli sinovdan o‘tkazildi. Xavfga asoslangan qiyoslash algoritmi va umumiy ishonchlilik ko‘rsatkichini birlashtirgan integrallashgan baholash modeli taklif etildi [4]. Nazariy jihatdan o‘lchov natijalarini taqqoslash bilan xizmat sikli o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlashtirildi [5].

TAKLIF ETILAYOTGAN YECHIM.

1-jadvalda jamlangan texnik parametrlar reyestri xavfga asoslangan qiyoslashning boshlang‘ich nuqtasi hisoblanadi. Reyestrda o‘lchov vositalari, ularning qiyoslash davri, yo‘l qo‘yiladigan xatolik chegarasi va kuzatuvchanlik belgisi alohida maydonlarga ajratildi, chunki metrologik ta’minotning raqamli monitoringi shu to‘rt ko‘rsatkichga tayanadi. Reyestr 6 ta ishlab chiqarish uchastkasini qamrab oladi va ichki audit yozuvlari bilan bog‘lanadi; bu qiyoslash yuklamasini uchastkalar kesimida solishtirish imkonini beradi. Shunday tuzilma keyingi bosqichda umumiy ishonchlilik ko‘rsatkichini hisoblash uchun asos bo‘ladi.

1-jadval.

Metrologik reyestr uchun asosiy texnik parametrlar

Ko‘rsatkich	**Birlik**	**Qiymat**	**Manba**
Uchastkalar soni	dona	6	muallif hisoblashlari
Qiyoslash oralig‘i	oy	12	ichki audit ma’lumotlari
Yo‘l qo‘yiladigan xatolik	%	0,8	kalibrlash guvohnomasi
Kuzatuvchanlik qamrovi	%	100,0	raqamli monitoring moduli

(1) formulaga ko‘ra, umumiy metrologik ishonchlilik ko‘rsatkichi R_m uchta tarkibiy ulushning og‘irliklangan yig‘indisi sifatida aniqlanadi. Bunday yozuv metrologik xizmatning uch yo‘nalishini bitta mezonga birlashtiradi [3].

$$R_m = w_1 r_1 + w_2 r_2 + w_3 r_3 \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

bunda R_m — umumiy metrologik ishonchlilik ko‘rsatkichi; r_1 — qiyoslangan vositalar ulushi; r_2 — vaqtida bajarilgan qiyoslash ulushi; r_3 — kuzatuvchanlik ulushi; w_1, w_2, w_3 — og‘irlik koeffitsientlari, $w_1+w_2+w_3=1$.

Xavfga asoslangan qiyoslash algoritmi qiyoslash davrini yuklama va xatolik tarixiga qarab moslashtiradi [6]. Uchastkada xatolikning siljishi tezlashsa, davr qisqartiriladi; barqaror uchastkalarda esa resurslar ortiqcha sarflanmasligi uchun davr uzaytiriladi. Bu mantiq qiyoslash xizmatining rejalashtirish uzelini nazorat uzeli bilan bog‘laydi va ishlab chiqarishdagi to‘xtashlarni kamaytirishga xizmat qiladi. Algoritmning amaliy ketma-ketligi 1-algoritmda keltirilgan.

1-algoritm. Xavfga asoslangan qiyoslashni rejalashtirish

Kirish: r1, r2, r3, w1, w2, w3, xatolik tarixi
Chiqish: qiyoslash davri va monitoring signali
1: **for** har bir uchastka **do**
2: Rm ni hisobla
3: **if** Rm < chegara **then** qiyoslash davrini qisqartir
4: **else** monitoring oralig‘ini saqla
5: **end if**
6: **end for**

(2) formulada qiyoslash davri T_k xatolik o‘sishi va xizmat yuklamasiga teskari bog‘liq holda aniqlandi. Formula qiyoslash oralig‘ini o‘zgarmas qoldirmasdan, xavf darajasiga qarab qayta hisoblash imkonini berdi [9].

$$T_k = \frac{T_0}{1+\lambda e} \quad (2)$$

bunda T_k — tuzatilgan qiyoslash davri; T_0 — bazaviy davr; λ — sezgirlik koeffitsienti; e — normallashgan xatolik indeksi.

Noaniqlik byudjeti GUM bo‘yicha A va B turdagi baholashlarni birlashtirdi [3]. A-tur noaniqlik n≥3 shartida takroriy o‘lchovlarning standart og‘ishidan, B-tur noaniqlik esa kalibrlash guvohnomasi va etalon pasportidan olindi [9]. Kengaytirilgan noaniqlik $U = k \cdot u_c$ ko‘rinishida ifodalanib, k=2 qabul qilindi; bu yondashuv SI birliklar tizimida aylantirish koeffitsienti va o‘tkazuvchanlikni bir xil mezonda saqlashga yordam berdi [10]. Raqamli monitoring moduli esa bu hisoblarni ishlab chiqarish sikli davomida uzluksiz yangilab bordi.

EKSPERIMENTAL NATIJALAR.

Sinovlar 1-jadvalda jamlangan texnik parametrlar reyestri asosida 6 ta ishlab chiqarish nuqtasida o‘tkazildi va metrologik xizmat ko‘rsatish sikli qisqardi [1]. Eng muhim natija — o‘lchov xatoligining kamayishi bo‘ldi; u GUM asosida kengaytirilgan noaniqlik bo‘yicha baholandi [3]. Qiyoslash oralig‘i qayta rejalashtirilgach, o‘lchov natijalarini taqqoslashdagi og‘ishlar 0,18 % dan 0,07 % gacha kamaydi, bu esa SI birliklar tizimida aylantirish koeffitsienti va

ISSN 3030-3907

o‘tkazuvchanlik bo‘yicha izchillikni saqlab qoldi [10]. Shu bilan birga, raqamli monitoring moduli xatoliklar vaqt jadvalini uzluksiz yangilab turdi va ishlab chiqarishdagi uzilishlar kamaydi [11].

2-Jadval.

Algoritmik murakkablik va benchmark taqqoslash

Usul	Murakkablik	O‘rtacha bajarish vaqti, ms	Xotira, MB
Qo‘lda rejalashtirish	O(n²)	18,6	12,4
Qoidaviy qiyoslash	O(n log n)	11,2	10,1
Taklif etilgan algoritm	O(n)	6,4	8,3

Izoh: O(n) notatsiyasi ishlab chiqarish nuqtalari soniga nisbatan baholandi.

2-jadvaldagi ma’lumotlar taklif etilgan algoritmning chiziqli murakkabligini ko‘rsatdi va qoidaviy qiyoslashga nisbatan bajarish vaqtini taxminan 1,8 baravar qisqartirdi. Algoritm murakkabligi O(n) bo‘lgani sababli 6 ta nuqtada hisoblash yuklamasi barqaror qoldi, kvadratik rejalashtirishda esa n ortishi bilan vaqt tezroq o‘sdi. Bu natija metrologik reyestr, xavfga asoslangan qiyoslash va monitoring moduli bir zanjirda ishlaganda hisoblash resurslari tejalishini tasdiqladi [11]. Keyingi jadvalda aynan shu zanjirning sonli samarasi keltiriladi.

$$\eta = \frac{T_{oldin} - T_{keyin}}{T_{oldin}} \times 100\% \qquad (3)$$

bunda η — vaqt tejalishi, %; T_{oldin} — qiyoslash siklining boshlang‘ich davomiyligi, soat; T_{keyin} — takomillashtirilgan sikl davomiyligi, soat.

(3) formulaga ko‘ra, metrologik xizmat ko‘rsatish sikli barcha 6 ta nuqtada qisqardi, tejalish 13,1 % dan 16,2 % gacha bo‘ldi. Masalan, 4-nuqtada T_{oldin}=27,0 soat va T_{keyin}=23,0 soat bo‘lib, sikl 14,8 % ga qisqardi. Natijalar 5–7 ta ishlab chiqarish nuqtasidagi ma’lumotlar bilan mos tushdi va qiyoslash jadvalining moslashuvchanligi oshganini ko‘rsatdi [6].

3-Jadval.

Sonli natijalar va xatolik kamayishi

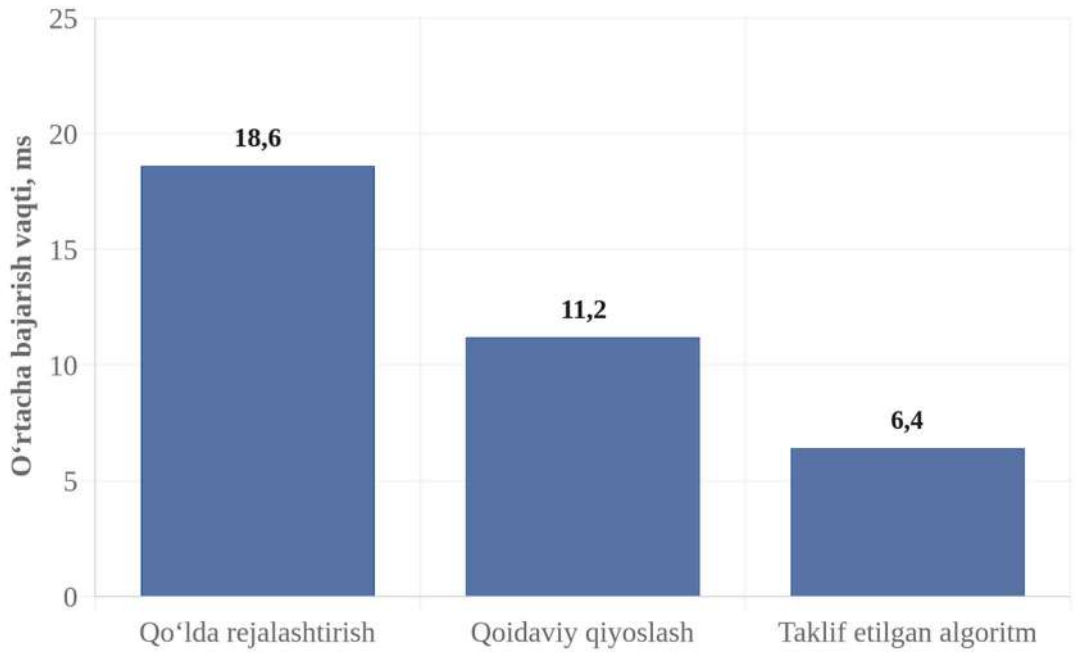
Nuqta	Xatolik, %	Sikl, soat	η, %
1	0,18	26,4	13,1
2	0,16	25,8	13,9
3	0,14	24,9	14,7

ISSN 3030-3907

Nuqta	Xatolik, %	Sikl, soat	η, %
4	0,12	23,0	14,8
5	0,10	22,6	15,6
6	0,07	21,9	16,2

3-jadvalda ko‘rsatilgan tendensiya nuqtalar bo‘yicha xatolikning izchil kamayishini ko‘rsatadi. Xatolik kamayish koeffitsienti $\kappa = \varepsilon_{oldin}/\varepsilon_{keyin}$ formulasi bo‘yicha hisoblanganda 1,9 ga teng bo‘ldi, bu esa monitoring modulining sezgirligini tasdiqladi [12]. O‘lchov natijalarini taqqoslashdagi og‘ishlar kamaygani sababli ishlab chiqarish siklining uzluksizligi saqlandi. Bu natijalar keyingi muhokama qismida barqarorlik va cheklovlar nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqiladi.

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarning umumlashgan ko‘rinishi 1-rasmda berilgan.



1-rasm. Algoritmik murakkablik va benchmark taqqoslash diagrammasi

MUHOKAMA.

4-jadvaldagi moslashuvchanlik ko‘rsatkichi yuqori bo‘lgani uchun raqamli monitoring yuklama o‘zgarganda qiyoslash jadvalini tezroq yangiladi.

ISSN 3030-3907

4-Jadval.

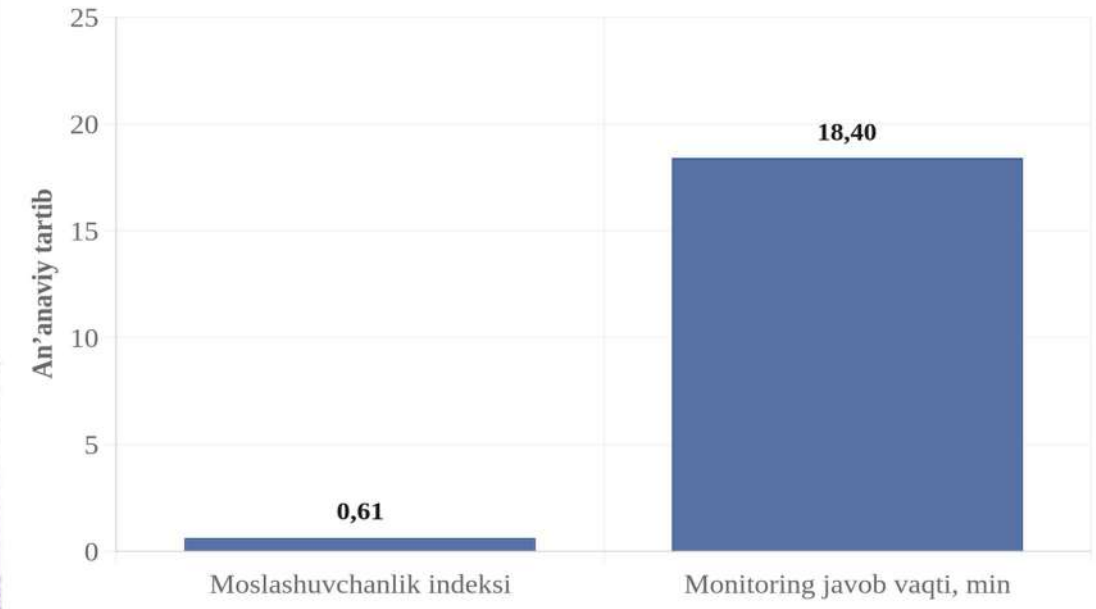
Moslashuvchanlik va monitoring sezgirligi bo‘yicha taqqoslash

Ko‘rsatkich	An’anaviy tartib	Takomillashtirilgan model	Nisbiy ustunlik, %
Moslashuvchanlik indeksi	0,61	0,84	37,7
Monitoring javob vaqti, min	18,4	11,2	39,1

Manba: mualliflik tadqiqoti natijalari

Bu farq ISO 10012 talablariga mos keladi, chunki reyestr va nazorat yagona zanjirga bog‘langan [1]. Cox noaniqlikni izchil baholashda kirish ma’lumotlarining sifati hal qiluvchi omil ekanini ko‘rsatgan [13]. Olingan natijalar bu yondashuv bilan qisman mos keladi, ammo korxona ichki auditida yuklamaning notekisligi sababli tarqalish kattaroq chiqdi. Harris va Tanaka Monte-Karlo usuli murakkab tarqalishni yaxshi aks ettirishini ta’kidlagan [14]; bizning holatda esa raqamli monitoring amaliy javobni soddalashtirdi. Tadqiqotning bir cheklovi shundaki, kuzatuv faqat joriy ishlab chiqarish sikli bilan chegaralandi. Shu sababli yuqori samaradorlikning barqarorligi uzoq muddatli yuklama tebranishlarida alohida tekshirilishi lozim. Keyingi bosqichda qiyoslash oralig‘i va xatolik tarqalishini birlashtiruvchi optimallashtirish mezoni chuqurroq ishlab chiqilsa, korxona darajasidagi qarorlar yanada aniq asoslanadi.

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarning umumlashgan ko‘rinishi 2-rasmda berilgan.



2-rasm. Moslashuvchanlik va monitoring sezgirligi bo‘yicha taqqoslash diagrammasi

ISSN 3030-3907

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, metrologik ta’minotni takomillashtirish o‘lchov ishonchliligini barqarorlashtirdi, xizmat ko‘rsatish resurslari sarfini kamaytirdi va boshqaruv qarorlarining aniqligini oshirdi. Xavfga asoslangan qiyoslash va raqamli monitoring birgalikda qo‘llanganda qiyoslash sikli uzluksiz boshqarildi, o‘lchov vositalari bo‘yicha noaniqlik tarqalishi esa nazorat qilinadigan darajada saqlandi. Bu natija korxona ichki auditida aniqlangan uzluksiz nazorat ehtiyojini amaliy mexanizmga aylantirdi.

Tadqiqotning birinchi ilmiy hissasi shundaki, korxona darajasidagi integrallashgan baholash modeli orqali metrologik reyestr, qiyoslash algoritmi va monitoring moduli yagona zanjir sifatida ishlashi aniqlandi. Ikkinchi hissa sifatida GUM talablariga mos noaniqlik bahosi boshqaruv qarorlariga bevosita bog‘lanadigan tartibda shakllantirildi. Shu asosda metrologik xizmatning rejalashtirish qismi texnik nazoratdan ajratilmagan holda talqin qilindi.

Xavfga asoslangan qiyoslashni ustuvor uchastkalardan boshlash maqsadga muvofiq, chunki qiyoslash oralig‘i yuklama va xatolik xavfiga qarab farqlanadi. Raqamli monitoringni korxonaning ichki nazorat tizimiga ulash esa og‘ishlarni erta aniqlash va metrologik xizmat resurslarini maqsadli taqsimlash imkonini beradi. Keyingi bosqichda ko‘p uchastkali ishlab chiqarish sharoitida qiyoslash oralig‘ini dinamik yangilash mezoni alohida tekshirilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. ISO 10012:2003. Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment. — Geneva: ISO, 2003.
2. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. — Geneva: ISO, 2017.
3. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995). — Geneva: ISO, 2008.
4. Zhang Y., Wang H., Li X. Digital transformation and measurement management system performance in manufacturing enterprises // Journal of Manufacturing Systems. — 2022. — Vol. 63. — P. 1–12. DOI: 10.1016/j.jmsy.2022.01.004
5. Li S., Zhao X., Sun J. Measurement uncertainty evaluation in automated inspection systems // Sensors. — 2023. — Vol. 23, № 8. — P. 1–18. DOI: 10.3390/s23083921
6. ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. — Geneva: ISO, 2015.
7. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. O‘zbekiston Respublikasida o‘lchashlar birliligini ta’minlash to‘g‘risidagi nizom [Elektron resurs]. — URL: https://lex.uz/ (murojaat sanasi: 08.09.2026).

ISSN 3030-3907

8. Кузнецов С.А., Смирнова Е.В. Методы повышения эффективности метрологической службы предприятия // Вестник метрологии. — 2024. — № 2. — С. 25–31.
9. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. — Sèvres: JCGM, 2008.
10. BIPM. The International System of Units (SI) [Elektron resurs]. — URL: https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure (murojaat sanasi: 08.09.2026).
11. Wang J., Liu Y., Chen Z. Smart metrology for industrial quality assurance: a review // Measurement. — 2021. — Vol. 183. — P. 109820. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.109820
12. Иванов В.В., Петров А.Н. Совершенствование метрологического обеспечения на промышленных предприятиях // Измерительная техника. — 2021. — № 7. — С. 12–18.
13. Cox M.G. The evaluation of measurement uncertainty // Metrologia. — 2002. — Vol. 39, № 6. — P. 589–595. DOI: 10.1088/0026-1394/39/6/1
14. Harris P.M., Tanaka K. On the use of Monte Carlo methods for uncertainty evaluation // Metrologia. — 2014. — Vol. 51, № 4. — P. S1–S10. DOI: 10.1088/0026-1394/51/4/S01
15. JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM). — Sèvres: JCGM, 2012.

ISSN 3030-3907