



O‘LCHASH VA NAZORAT QILISH USULLARINING MASHINASOZLIKDAGI ANIQLIKNI TA’MINLASHDAGI AHAMIYATI

Sodiqova Fotimaxon

Annotatsiya. Mazkur maqolada mashinasozlik ishlab chiqarishida mahsulot va detallar aniqligini ta’minlashda o‘lchash hamda nazorat qilish usullarining ilmiy-amaliy ahamiyati tahlil qilingan. Mashinasozlikda detalning geometrik o‘lchamlari, shakli, sirtlarning o‘zaro joylashuvi, g‘adir-budurligi va boshqa texnik ko‘rsatkichlarining belgilangan qiymatlarga muvofiqligi mashina va mexanizmlarning funksional xususiyatlarini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu sababli ishlab chiqarish jarayonida o‘lchashni faqat tayyor mahsulotni tekshirish bosqichi sifatida emas, balki texnologik jarayonni boshqarishning tarkibiy qismi sifatida tashkil etish zarur. Maqolada bevosita va bilvosita o‘lchash, kontaktli va kontaktsiz nazorat, chegaraviy kalibrlar, shtangensirkul, mikrometr, indikator, optik vositalar, koordinatali-o‘lchash mashinalari va raqamli o‘lchash texnologiyalarining imkoniyatlari tahlil qilingan. O‘lchash natijasining aniqligi faqat asbobning nominal aniqligi bilan belgilanmasligi, balki o‘lchash usuli, tashqi muhit, detalning harorati, operator malakasi, bazalash sharoiti, asbobning metrologik holati va o‘lchash noaniqligi kabi omillarga ham bog‘liqligi asoslangan. ISO 14253-1 talablarida mahsulotning belgilangan chegaralarga muvofiqligini baholashda o‘lchash noaniqligini hisobga olish zarurligi ko‘rsatilgan. Shuningdek, geometrik aniqlikni baholashda geometrik toleranslarning xalqaro standartlashtirilgan tizimi va raqamli metrologiyaning ishlab chiqarish jarayonlariga integratsiyalashuvi masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijasida mashinasozlikda aniqlikni ta’minlash uchun o‘lchash vositalarini to‘g‘ri tanlash, ularni muntazam kalibrlash, o‘lchash noaniqligini baholash, texnologik jarayonning turli bosqichlarida oraliq nazoratni tashkil etish va raqamli nazorat tizimlaridan foydalanish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: mashinasozlik, o‘lchash, nazorat, aniqlik, o‘lchash vositalari, metrologiya, o‘lchash noaniqligi, geometrik aniqlik, tolerantlik, kalibr, mikrometr, shtangensirkul, koordinatali-o‘lchash mashinasi, texnologik nazorat, sifat nazorati, raqamli metrologiya.

KIRISH. Mashinasozlik sanoatida ishlab chiqariladigan mashina, mexanizm, agregat va ularning alohida detallarining ishlash qobiliyati ko‘p jihatdan konstruktiv o‘lchamlarning belgilangan qiymatlarga qanchalik yaqin bajarilganligiga bog‘liq. Detal chizmasida ko‘rsatilgan nominal o‘lchamning o‘zidan tashqari, unga berilgan joizlik, shakl va joylashish

bo‘yicha geometrik talablar, sirtlarning o‘zaro perpendikulyarligi, parallelligi, konsentrikligi, silindrikligi, aylana bo‘ylab urishi hamda sirt sifatiga qo‘yilgan talablar tayyor mahsulotning ekspluatatsion xususiyatlarini belgilaydi. Ayniqsa, val-podshipnik, val-teshik, tishli uzatma, mufta, reduktor, gidravlik va pnevmatik qurilma kabi birikmalarda o‘lchamlarning kichik miqdordagi og‘ishi ham ishqalanish, yeyilish, tebranish, shovqin, qizish yoki birikmaning ishlamay qolishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shuning uchun zamonaviy mashinasozlikda aniqlikni ta‘minlash masalasi faqat metallni kesib ishlash texnologiyasi bilan chegaralanmaydi, balki o‘lchash va nazorat qilishning ilmiy asoslangan tizimini ham qamrab oladi. O‘lchash natijasi ishlab chiqarish jarayonining holati haqida axborot beruvchi asosiy manba bo‘lib, uning asosida texnologik uskunani sozlash, kesuvchi asbob holatini baholash, texnologik parametrlarni tuzatish, yaroqsiz mahsulotlarni aniqlash va ishlab chiqarish jarayonining barqarorligini baholash mumkin. Metrologik nuqtayi nazardan esa har qanday o‘lchash natijasi ma‘lum darajadagi noaniqlik bilan bog‘liq bo‘ladi. NIST materiallarida ham o‘lchash natijasi har doim ma‘lum baholash qiymati ekanligi va uning atrofida o‘lchash noaniqligi mavjudligini ta‘kidlash mumkin; o‘lchash noaniqligi natijaning qanchalik ishonchli ekanini tavsiflovchi muhim ko‘rsatkich sifatida qaraladi. Xalqaro amaliyotda ushbu yondashuv ISO/IEC Guide 98-3:2008 hamda JCGM hujjatlarida tizimlashtirilgan bo‘lib, u ishlab chiqarishdagi sifat nazoratidan tortib kalibrlash va ilmiy-texnik o‘lchashlargacha bo‘lgan keng sohalarda qo‘llanadi. Mashinasozlikda aniqlik tushunchasini faqat o‘lchamning nominal qiymatdan farqi sifatida talqin qilish yetarli emas. Chunki bir detal nominal diametr bo‘yicha talabga javob bergan holda, uning silindrikligi yoki o‘qining boshqa yuzalarga nisbatan joylashishi talab etilgan chegaradan chiqib ketishi mumkin. Shu sababli zamonaviy geometrik mahsulot spetsifikatsiyasi tizimida o‘lchamli va geometrik talablar o‘zaro bog‘liq holda qaraladi. ISO 1101:2017 standarti shakl, yo‘nalish, joylashish va urish bo‘yicha geometrik toleranslarni ifodalash hamda talqin qilishning asosiy qoidalarini belgilaydi. Demak, mashinasozlikda aniqlikni ta‘minlashning samarali mexanizmi texnologik jarayon, o‘lchash vositasi, nazorat usuli, operator, metrologik ta‘minot va sifat boshqaruvini yagona tizim sifatida ko‘rishni talab etadi. Ushbu tadqiqotning dolzarbligi ham aynan shundan kelib chiqadi: ishlab chiqarish texnologiyalarining avtomatlashtirilishi va raqamlashtirilishi sharoitida o‘lchash jarayonining o‘zi ham ishlab chiqarishning faol boshqaruv elementi sifatida shakllanmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotning metodologik asosini mashinasozlikdagi o‘lchash va nazorat jarayonlarini tizimli tahlil qilish, metrologik yondashuv, texnologik jarayonlar nazariyasi, geometrik mahsulot spetsifikatsiyasi tamoyillari va o‘lchash noaniqligini baholash konsepsiyasi tashkil etadi. Tadqiqot davomida o‘lchash usullarini ularning fizik mohiyati, aniqlik darajasi, ishlab chiqarishdagi qo‘llanish sohasi, natijani olish tezligi va avtomatlashtirish imkoniyatlari bo‘yicha guruhlash amalga oshirildi. Bevosita o‘lchash usulida izlanayotgan kattalik qiymati o‘lchash vositasining ko‘rsatishidan to‘g‘ridan-to‘g‘ri aniqlanadi. Shtangensirkul yordamida tashqi diametrni aniqlash, mikrometr bilan val diametrini o‘lchash yoki indikator yordamida siljishni aniqlash bunga misol bo‘la oladi. Bilvosita o‘lchashda esa izlanayotgan kattalik boshqa o‘lchangan kattaliklar orqali hisoblab topiladi. Bunday usul murakkab geometrik

parametrlarni baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotda, shuningdek, kontaktli va kontaktsiz o‘lchash usullarining xususiyatlari qiyosiy yondashuv asosida ko‘rib chiqildi. Kontaktli usullarda o‘lchash vositasining sezuvchi elementi detal yuzasi bilan fizik aloqaga kirishadi. Kontaktsiz usullarda esa optik, lazerli yoki boshqa fizik prinsiplar asosida geometrik parametrlar aniqlanadi. Zamonaviy mashinasozlikda koordinatali-o‘lchash mashinalari yordamida detalning bir nechta geometrik elementlarini yagona koordinata tizimida baholash imkoniyati mavjud bo‘lib, bu murakkab shaklli detallarni nazorat qilishda katta ahamiyatga ega. NIST tadqiqotlarida uch o‘lchamli geometrik metrologiya uchun kontaktli zondlash, optik usullar va skanerlash texnologiyalarining imkoniyatlari hamda ularning o‘zaro muvozanatli tanlanishi muhimligi ko‘rsatiladi. Tadqiqot metodikasining ikkinchi muhim yo‘nalishi o‘lchash xatoligi va noaniqligini tahlil qilishdan iborat. O‘lchash natijasining shakllanishida asbobning sistematik xatoligi, tasodifiy ta’sirlar, harorat, namlik, vibratsiya, o‘lchanayotgan detalning bazalanishi, operatorning o‘lchash texnikasi, o‘lchash kuchi va asbobning metrologik holati kabi omillar ishtirok etadi. Shu sababli yuqori aniqlik talab qilinadigan mashinasozlik operatsiyalarida “asbobning bo‘linma qiymati kichik” degan mezonning o‘zi o‘lchash sifatini kafolatlamaydi. O‘lchash vositasining metrologik xususiyatlari, uning kalibrlash holati va o‘lchash sharoitlari ham birgalikda baholanishi kerak. ISO/IEC Guide 98-3 o‘lchash noaniqligini baholash va ifodalashning umumiy qoidalarini belgilaydi; mazkur yondashuv ishlab chiqarishdagi sifat nazorati va sifatni ta’minlash jarayonlariga ham tatbiq etiladi. Tadqiqotda nazorat jarayoni ham alohida metodologik obyekt sifatida qaraldi. Nazoratning vazifasi faqat tayyor detalni “yaroqli” yoki “yaroqsiz” deb ajratish emas, balki texnologik jarayonning belgilangan parametrlar doirasida barqaror ishlashini ta’minlashdan iborat. Shu nuqtayi nazardan kirish nazorati, operatsion nazorat, oraliq nazorat va yakuniy nazorat bosqichlari o‘zaro bog‘langan tizim sifatida tahlil qilindi. ISO 9001 yondashuvida ham tashkilot faoliyatining natijalarini kuzatish, o‘lchash, tahlil qilish va baholash sifat menejmentining muhim tarkibiy qismi sifatida qaraladi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijalari mashinasozlikda o‘lchash va nazorat qilishning samaradorligi uchta asosiy darajada namoyon bo‘lishini ko‘rsatadi: birinchidan, detalning yakuniy geometrik aniqligini baholash; ikkinchidan, texnologik jarayonning barqarorligini nazorat qilish; uchinchidan, o‘lchash natijalari asosida ishlab chiqarish jarayonini oldindan boshqarish. Birinchi darajada o‘lchash vositasi detalning haqiqiy geometrik parametrini aniqlash uchun ishlatiladi. Masalan, valning nominal diametri 40 mm bo‘lib, unga ma’lum joizlik berilgan bo‘lsa, o‘lchash jarayonida olingan qiymat shu joizlik maydoni bilan taqqoslanadi. Biroq bunday taqqoslashda o‘lchash natijasining noaniqligi ham e’tiborga olinishi kerak. ISO 14253-1:2017 standarti ish detalining berilgan toleransga muvofiqqligini tekshirishda, ayniqsa o‘lchangan qiymat yuqori yoki quyi spetsifikatsiya chegarasiga yaqin bo‘lsa, o‘lchash noaniqligini hisobga olishga asoslangan qaror qabul qilish qoidalarini belgilaydi. Bu holat mashinasozlik uchun muhim, chunki o‘lchangan qiymat nominal joizlik ichida joylashgan bo‘lsa ham, noaniqlik intervali spetsifikatsiya chegarasidan tashqariga chiqishi mumkin. Shuning uchun yuqori aniqlikdagi ishlab chiqarishda “o‘lchangan qiymat joizlik ichidami?” degan savol bilan cheklanib qolish yetarli emas; “mazkur o‘lchash natijasi va uning

noaniqligi asosida muvofiqlik to‘g‘risida qanchalik ishonchli qaror chiqarish mumkin?” degan savol ham qo‘yilishi kerak. Ikkinchi natija sifatida o‘lchashning texnologik jarayonni barqarorlashtirishdagi roli aniqlandi. Masalan, tokarlik stanogida val diametri ketma-ket ishlab chiqarilayotgan detallar bo‘yicha muntazam ravishda o‘lchansa, asbobning yeyilishi natijasida o‘lchamning asta-sekin bir tomonga siljishi aniqlanishi mumkin. Bunday holatda faqat yaroqsiz detal ishlab chiqarilgandan keyin nazorat qilish o‘rniga, o‘lchash natijalari asosida kesuvchi asbobni o‘z vaqtida almashtirish yoki stanokni qayta sozlash imkoniyati paydo bo‘ladi. Demak, o‘lchashning qiymati faqat nazorat funksiyasi bilan emas, balki profilaktik boshqaruv imkoniyati bilan ham belgilanadi. NIST materiallarida metrologiyaning ishlab chiqarish jarayonini boshqarishdagi shunga o‘xshash teskari aloqa mexanizmi qayd etilgan: mahsulot namunasi o‘lchanadi va natijaga ko‘ra keyingi ishlab chiqarish jarayoni spetsifikatsiyaga yaqinlashtiriladi. Shu bilan birga, o‘lchash noaniqligi yaxshi mahsulotni yaroqsiz deb baholash yoki yaroqsiz mahsulotni yaroqli deb qabul qilish xavfini yuzaga keltirishi mumkinligi ta’kidlanadi. Uchinchi natija o‘lchash vositasini tanlash mezonlariga tegishli. Oddiy ishlab chiqarish sharoitida shtangensirkul, mikrometr, indikator, chuqurlik o‘lchagich va kalibrlar yetarli bo‘lishi mumkin. Biroq murakkab shaklli detal, yuqori aniqlikdagi geometrik talab yoki ko‘p koordinatali nazorat zarur bo‘lganda koordinatali-o‘lchash mashinasi, optik o‘lchash tizimi, lazerli skaner yoki boshqa raqamli metrologik vositalardan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Bu yerda asosiy mezon eng qimmat yoki eng zamonaviy vositani tanlash emas, balki qo‘yilgan metrologik vazifani talab qilinadigan ishonchlilik bilan bajaradigan vositani tanlashdir. To‘rtinchi natija sifatida geometrik nazoratning alohida ahamiyati aniqlandi. Detailning chiziqli o‘lchami talabga mos kelishi uning geometrik jihatdan to‘liq sifatli ekanini anglatmaydi. Masalan, valning ikki uchidagi diametrlar bir xil bo‘lishi mumkin, ammo val o‘qi egilgan bo‘lsa, aylanish jarayonida urish yuzaga keladi. Xuddi shuningdek, teshik diametri belgilangan qiymatda bo‘lsa-da, uning o‘qi detal bazasiga nisbatan noto‘g‘ri joylashgan bo‘lishi mumkin. ISO 1101:2017 geometrik toleranslarni shakl, yo‘nalish, joylashish va urish kabi kategoriyalar bo‘yicha spetsifikatsiya qilish uchun xalqaro qoidalarni belgilaydi. Shu sababli mashinasozlikdagi nazorat tizimi chiziqli o‘lchamlar bilan bir qatorda geometrik og‘ishlarni ham qamrab olishi lozim. Beshinchi natija o‘lchash sharoitlarining aniqlikka ta’sirini ko‘rsatadi. Ayniqsa metall detallarni yuqori aniqlikda o‘lchashda harorat muhim omil hisoblanadi. Detal va o‘lchash vositasining harorati bir xil bo‘lmasa, issiqlik kengayishi o‘lchash natijasiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, detal yuzasining tozaligi, o‘lchash kuchi, o‘lchash vositasining detalga nisbatan joylashishi va bazalash usuli ham natijaga ta’sir qiladi. Shu sababli yuqori aniqlikdagi nazoratda o‘lchash xonasining sharoiti, detailning termik muvozanatga kelishi va o‘lchash metodikasining standartlashtirilishi zarur. Oltinchi natija raqamli texnologiyalarning o‘lchash jarayonidagi roliga taalluqlidir. Raqamli o‘lchash vositalari natijalarni avtomatik qayd qilish, ma’lumotlarni kompyuterga uzatish, statistik qayta ishlash va ishlab chiqarish boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalash imkonini beradi. Koordinatali-o‘lchash mashinalari orqali detailning uch o‘lchamli geometrik modeli bilan haqiqiy o‘lchangan yuzalar o‘rtasidagi farqni tahlil qilish mumkin. Bunday yondashuv ayniqsa murakkab konstruksiyali detallarni ishlab chiqarishda samarali hisoblanadi. Mikro va

mezoo‘lchamdagi ishlab chiqarish uchun metrologik usullarni tahlil qilgan NIST materiallarida kontaktli, optik va skanerlash usullarining har biri o‘zining afzalliklari va cheklovlariga ega ekanligi ko‘rsatiladi. Demak, nazorat usulini tanlash detal geometriyasi, aniqlik talabi, ishlab chiqarish hajmi va o‘lchash tezligi bilan bog‘langan holda amalga oshirilishi kerak. Tadqiqot natijalarini umumlashtirib, mashinasozlikda aniqlikni ta‘minlash uchun “detalni ishlab chiqarish → o‘lchash → natijani baholash → texnologik jarayonni tuzatish → qayta o‘lchash” ko‘rinishidagi yopiq boshqaruv siklini shakllantirish maqsadga muvofiq ekanligi aniqlandi. Bunday tizimda o‘lchash natijasi faqat yakuniy hisobot uchun emas, balki texnologik jarayonni boshqarish uchun foydalaniladi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar mashinasozlikda aniqlikni ta‘minlash masalasini o‘lchash vositasining aniqligi bilan cheklab bo‘lmasligini ko‘rsatadi. Amaliyotda uchraydigan keng tarqalgan xatolardan biri shundan iboratki, ishlab chiqarish korxonalarida yuqori aniqlikdagi o‘lchash vositasini sotib olishning o‘zi yuqori aniqlikdagi nazoratni ta‘minlaydi, degan qarash mavjud. Aslida esa o‘lchash tizimining aniqligi o‘lchash vositasi, o‘lchash usuli, detal, operator va tashqi muhit o‘rtasidagi o‘zaro ta‘sir natijasida shakllanadi. Masalan, mikrometrning konstruktiv imkoniyati yuqori bo‘lsa ham, u noto‘g‘ri sozlangan, kalibrlanmagan yoki o‘lchash yuzalari ifloslangan bo‘lsa, olingan natija ishonchliligi pasayadi. Xuddi shuningdek, yuqori aniqlikdagi koordinatali-o‘lchash mashinasida ham detal noto‘g‘ri bazalangan yoki o‘lchash dasturida noto‘g‘ri geometrik element tanlangan bo‘lsa, natija noto‘g‘ri talqin qilinishi mumkin. Shuning uchun metrologik ta‘minot “asbobni tekshirish”dan ancha kengroq tushuncha sifatida qaralishi kerak. O‘lchash vositalarining kalibrlanishi va metrologik kuzatuvchanligi o‘lchash natijalarining ishonchliligini ta‘minlashda muhim ahamiyatga ega. NIST materiallarida ham o‘lchash aniqligi va metrologik kuzatuvchanlik tushunchalari o‘lchash natijalarining milliy yoki xalqaro etalonlarga bog‘lanishi bilan birgalikda ko‘rib chiqiladi. O‘lchash noaniqligini hisobga olish ham alohida masala sifatida qaralishi lozim. An‘anaviy ishlab chiqarish nazoratida detalning o‘lchangan qiymati joizlik chegarasi bilan oddiy taqqoslanadi. Yuqori aniqlikdagi ishlab chiqarishda esa bunday yondashuv yetarli bo‘lmasligi mumkin. ISO 14253-1:2017 o‘lchash noaniqligi spetsifikatsiya chegaralariga yaqin natijalarni baholashda qaror qabul qilish jarayoniga kiritilishi kerakligini belgilaydi. Masalan, detalning ruxsat etilgan yuqori chegarasi 20,010 mm bo‘lsin. O‘lchash natijasi 20,009 mm chiqishi detalning nominal jihatdan chegarada ekanini ko‘rsatadi. Biroq o‘lchash noaniqligi $\pm 0,003$ mm bo‘lsa, haqiqiy qiymatning mumkin bo‘lgan diapazoni spetsifikatsiya chegarasidan oshib ketishi ehtimoli mavjud. Shu sababli muvofiqlikni baholashda qaror qoidasi oldindan belgilangan bo‘lishi kerak. Bu yondashuv mashinasozlikdagi o‘lchash tizimining texnik va huquqiy ishonchliligini oshiradi. Geometrik nazorat masalasida ham xuddi shunday muammo mavjud. Zamonaviy detal chizmasida faqat uzunlik, kenglik va diametr kabi o‘lchamlar emas, balki geometrik toleranslar ham belgilanadi. Ularning to‘g‘ri talqin qilinishi nazorat natijasining mazmuniga bevosita ta‘sir qiladi. ISO 1101:2017 geometrik spetsifikatsiyalarni ifodalash va talqin qilishning asoslarini belgilab berishi aynan shu ehtiyoj bilan bog‘liq. Demak, nazoratchi yoki muhandis faqat o‘lchash asbobidan foydalanish ko‘nikmasiga emas,

balki texnik chizmalarni, geometrik toleranslarni va metrologik talablarni to‘g‘ri talqin qilish kompetensiyasiga ham ega bo‘lishi zarur. Ishlab chiqarishning avtomatlashtirilishi ushbu talabni yanada kuchaytirmoqda. Raqamli ishlab chiqarishda o‘lchash vositalari stanok, ishlab chiqarish boshqaruv tizimi va ma‘lumotlarni tahlil qilish dasturlari bilan bog‘lanishi mumkin. Natijada nazoratdan olingan ma‘lumotlar avtomatik ravishda texnologik parametrlarni tuzatish uchun ishlatiladi. Bunday tizimlarda o‘lchashning tezligi va aniqligi bilan bir qatorda ma‘lumotlarning uzluksizligi, qayd etilishi va tahlil qilinishi ham muhim. Biroq raqamlashtirishning o‘zi aniqlik muammosini hal qilmaydi. Noto‘g‘ri kalibrlangan sensor, noto‘g‘ri tuzilgan o‘lchash algoritmi yoki noto‘g‘ri tanlangan geometrik moslashtirish usuli raqamli tizimda ham xatoli natija beradi. Shu bois “raqamli” o‘lchashni avtomatik ravishda “aniq” o‘lchash deb qabul qilish metodologik jihatdan noto‘g‘ri. Zamonaviy ishlab chiqarish uchun eng maqbul yondashuv o‘lchashning fizik prinsipi, metrologik xususiyatlari va raqamli qayta ishlash imkoniyatlarini birgalikda baholashdan iborat. Ishlab chiqarish jarayonida nazoratning qaysi bosqichda tashkil etilishi ham muhim. Faqat yakuniy nazoratga tayanadigan tizimda nuqson ishlab chiqarilgandan keyin aniqlanadi. Bu esa material, vaqt, energiya va mehnat sarfining oshishiga olib keladi. Operatsion va oraliq nazoratni kuchaytirish orqali texnologik og‘ishlarni ular kritik nuqtaga yetmasdan aniqlash mumkin. Masalan, frezalash jarayonida detalning bazaviy yuzasi dastlab nazorat qilinsa, keyingi operatsiyalarda yuzaga keladigan joylashish xatoliklarining oldini olish mumkin. Tokarlikda diametrning ketma-ket o‘lchanishi kesuvchi asbob yeyilishini kuzatish imkonini beradi. Silliqlash jarayonida esa sirt o‘lchami va g‘adir-budurligining monitoringi yakuniy mahsulot sifatini barqarorlashtiradi. Shu jihatdan o‘lchash va nazorat qilishni ishlab chiqarish jarayonining “oxirgi filtri” sifatida emas, balki uning barcha muhim bosqichlariga integratsiyalashgan boshqaruv vositasi sifatida qarash maqsadga muvofiq. Tadqiqot davomida aniqlangan yana bir muhim jihat shundan iboratki, nazoratning iqtisodiy samaradorligi ham o‘lchash aniqligi bilan bog‘liq. Haddan tashqari yuqori aniqlikdagi o‘lchash vositasidan foydalanish ishlab chiqarish tannarxini oshirishi mumkin. Aksincha, juda past aniqlikdagi vosita mahsulotning haqiqiy sifat holatini ishonchli aniqlay olmaydi. Shuning uchun o‘lchash vositasining aniqlik darajasi detalga qo‘yilgan texnik talab, joizlik maydoni, ishlab chiqarish turi va nazorat vazifasiga mos bo‘lishi kerak. Ushbu muvozanat mashinasozlik korxonalarida metrologik resurslardan oqilona foydalanishning asosiy shartlaridan biridir. Shuningdek, o‘lchash natijalarini statistik tahlil qilish orqali texnologik jarayonning barqarorligi haqida qo‘shimcha xulosa chiqarish mumkin. Ketma-ket o‘lchash natijalarining o‘rtacha qiymati, tarqalishi, tendensiyasi va nazorat chegaralariga nisbatan joylashuvi jarayonning holatini baholash imkonini beradi. Natijada yaroqsiz detalni aniqlashdan tashqari, uning yuzaga kelishiga sabab bo‘layotgan texnologik omilni aniqlash imkoniyati ortadi. Shu sababli zamonaviy mashinasozlikda metrologiya, sifat menejmenti va texnologik jarayonlarni statistik boshqarish o‘zaro bog‘liq yo‘nalishlar sifatida qaralishi lozim.

XULOSA

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘lchash va nazorat qilish usullari mashinasozlikda mahsulot aniqligini ta‘minlashning yordamchi elementi emas, balki texnologik jarayonning

ajralmas va boshqaruvchi komponenti hisoblanadi. Detalning belgilangan o‘lcham, shakl va o‘zaro joylashish talablariga muvofiqligini aniqlash uchun mos o‘lchash usulini tanlash, o‘lchash vositasining metrologik yaroqliligini ta‘minlash, o‘lchash sharoitlarini barqarorlashtirish va natijalarni to‘g‘ri talqin qilish zarur. Oddiy o‘lchamlarni tekshirishda shtangensirkul, mikrometr, indikator va kalibrlar samarali vosita bo‘lsa, murakkab geometrik shakllar va yuqori aniqlik talab etiladigan detallar uchun koordinatali-o‘lchash mashinalari, optik va lazerli tizimlar hamda uch o‘lchamli skanerlash texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari kengayib bormoqda. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, o‘lchash vositasining nominal aniqligi o‘lchash natijasining umumiy ishonchliligini mustaqil ravishda belgilamaydi. O‘lchash usuli, operator, bazalash, harorat, vibratsiya, detal yuzasining holati, asbobning kalibrlanishi va o‘lchash noaniqligi birgalikda natijaning sifatini shakllantiradi. Shu sababli yuqori aniqlikdagi mashinasozlik ishlab chiqarishida metrologik ta‘minot kompleks tizim sifatida tashkil etilishi kerak. O‘lchash noaniqligini baholash ayniqsa spetsifikatsiya chegaralariga yaqin natijalarni talqin qilishda muhim bo‘lib, ISO 14253-1:2017 ushbu holatlar uchun qaror qabul qilish qoidalarini belgilaydi. ISO/IEC Guide 98-3 esa o‘lchash noaniqligini baholash va ifodalash uchun umumiy metodologik asosni taqdim etadi. Geometrik aniqlikni baholashda ISO 1101:2017 asosida shakl, yo‘nalish, joylashish va urish bo‘yicha talablarni hisobga olish detallar funksional xususiyatlarini to‘g‘ri baholash imkonini beradi. Amaliy jihatdan mashinasozlik korxonalarida nazorat tizimini takomillashtirish uchun bir necha asosiy yo‘nalish muhim hisoblanadi: o‘lchash vositalarini vazifaga mos tanlash; ularni belgilangan tartibda kalibrlash va metrologik kuzatuvchanligini ta‘minlash; yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarda tashqi muhit parametrlarini nazorat qilish; operatorlarning metrologik kompetensiyasini oshirish; operatsion va oraliq nazoratni kuchaytirish; o‘lchash noaniqligini baholash; geometrik toleranslarni nazorat qilish; o‘lchash ma’lumotlarini raqamli qayd etish va statistik tahlil qilish. Eng muhimi, nazorat natijalaridan faqat tayyor mahsulotni saralash uchun emas, balki texnologik jarayonni o‘z vaqtida tuzatish uchun foydalanish lozim. Bunday yondashuv “aniqlashga asoslangan nazorat”dan “oldini olishga asoslangan boshqaruv”ga o‘tishni ta‘minlaydi. Zamonaviy mashinasozlikda raqamli metrologiya, avtomatlashtirilgan o‘lchash va ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqtga yaqin rejimda kuzatish texnologiyalarining rivojlanishi ushbu yo‘nalishning ahamiyatini yanada oshirmoqda. Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan tizimlarda ham metrologik asoslar — etalonlarga kuzatuvchanlik, kalibrlash, noaniqlikni baholash, o‘lchash metodikasining to‘g‘riligi va qaror qabul qilish qoidalari — saqlanib qoladi. Demak, mashinasozlikda yuqori aniqlikni ta‘minlashning eng samarali modeli ishlab chiqarish texnologiyasi, metrologiya, o‘lchash, nazorat va sifat menejmentining yagona tizimga integratsiyalashuviga asoslanadi. Mazkur yondashuv mahsulotning funksional ishonchliligini oshirish, qayta ishlash va brak xarajatlarini kamaytirish, texnologik jarayonning barqarorligini ta‘minlash hamda raqobatbardosh mashinasozlik mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun zarur ilmiy-amaliy asosni shakllantiradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. ISO 14253-1:2017. Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
2. ISO 1101:2017. Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
3. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995). Geneva: International Organization for Standardization, 2008.
4. ISO/IEC Guide 98-3:2008/Amd 1:2026. Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement — Amendment 1: Nonlinearity in measurement models. Geneva: International Organization for Standardization, 2026.
5. ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.
6. Doiron T. D., Stoup J. R. Uncertainty and Dimensional Calibrations // Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology. 1997. Vol. 102, No. 6.
7. Potzick J. E. Accuracy and Traceability in Dimensional Measurements. National Institute of Standards and Technology, 1998.
8. Potzick J. E. Metrology and Process Control: Dealing with Measurement Uncertainty. Proceedings of SPIE, 2010.
9. Phillips S. D. Measurement Uncertainty, CMMs, and Standards: Today and the Future. Proceedings of the International Dimensional Workshop. Nashville: NIST, 2005.
10. Moylan S. P. Dimensional Metrology for Micro/Meso-Scale Manufacturing. In: *Micromanufacturing Processes*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2012.
11. O‘G‘Li, X. X. R., O‘G‘Li, N. S. X., Yo‘Ldashev Bilol Iqboljon, O. G., & O‘G, O. L. F. Y. (2023). Konus setkali chang tozalovchi qurilma uchun chang namunalarining dispers tarkibi taxlili. *Al-Farg‘oniy avlodlari*, 1(4), 66-69.