

**SANOAT 4.0 TEXNOLOGIYASIGA METROLOGIYANING
QO'SHGAN HISSASI**

Toshkent Davlat Transport Universiteti talabasi

Odilov Shohruxbek Oxunjon o'g'li

Annotatsiya Metrologiya fanining rivojlanishi zamonaviy sanoat va texnologiyalar taraqqiyotining ajralmas qismi hisoblanadi. Ayniqsa, Sanoat 4.0 davrida raqamlashtirish, avtomatlashtirish, sun'iy intellekt va kiber-fizik tizimlarning samarali faoliyatini ta'minlashda o'lchashlar ishonchliligi va aniqligi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolada metrologiyaning tarixiy ildizlari, sanoatning turli sohalarida qo'llanilishi, zamonaviy innovatsion yondashuvlar va xalqaro tajriba asosida uning Sanoat 4.0 texnologiyalariga qo'shgan hissasi tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: Metrologiya, Sanoat 4.0, standartlashtirish, raqamlashtirish, sun'iy intellekt, xalqaro tajriba, raqamli egizaklar.

Abstract The development of metrology is an integral part of the progress of modern industry and technology. In the era of Industry 4.0, the reliability and accuracy of measurements play a crucial role in ensuring the efficiency of digitalization, automation, artificial intelligence, and cyber-physical systems. This article analyzes the historical roots of metrology, its application in various industrial sectors, innovative approaches, and its contribution to Industry 4.0 technologies based on international experience.

Keywords: Metrology, Industry 4.0, standardization, digitalization, artificial intelligence, international practice, digital twins.

Kirish

Insoniyat taraqqiyotida metrologiya — o'lchashlar fani — ilmiy va amaliy sohalarida asosiy vositalardan biri sifatida shakllangan. Dastlab oddiy uzunlik, massa va vaqtni o'lchashga asoslangan bu fan, bugungi kunda yuqori aniqlik talab

qiladigan kiber-fizik tizimlar, robototexnika, avtomobilsozlik, farmatsevtika, energetika va elektronika sohalarida muhim rol o'ynamoqda.

XXI asrning boshida Sanoat 4.0 konsepsiyasining shakllanishi metrologiyaning yangi bosqichini boshlab berdi. Endilikda o'lchashlar faqat nazorat va tekshirish vositasi emas, balki sun'iy intellekt algoritmlarini o'qitish, ishlab chiqarish jarayonlarini raqamli boshqarish va global savdo tizimida sifat kafolatini ta'minlashning asosiy unsuri sifatida qaralmoqda.

Metrologiyaning ildizlari qadimgi Misr va Mesopotamiya davrlariga borib taqaladi. O'sha davrlarda uzunlik birliklari piramidalar va irrigatsiya tizimlarini qurishda qo'llanilgan. O'rta asrlarda esa savdo-sotiqda adolatli o'lchov birliklari zarurati kuchaydi.

XIX asr 1875-yilga kelib Fransiyada Metrlik Konvensiya qabul qilinishi metrologiyaning xalqaro darajada birlashtirdi. Keyinchalik Butunjahon Metrologiya tashkiloti (BIPM), Xalqaro O'lchovlar va Taroziyalar Qo'mitasi (CIPM) kabi institutlar global metrologik infratuzilmaning shakllanishiga xizmat qildi.

Bugungi kunda metrologiya SI birliklari tizimi asosida faoliyat yuritadi va uning rivojlanishi bevosita innovatsion texnologiyalar bilan bog'liq. Metrologiya, shuningdek, digital twins (raqamli egizaklar) konsepsiyasida ham muhim rol o'ynaydi. Digital twins — bu real fizik obyekt yoki jarayonning virtual modeli bo'lib, uning ishlashini oldindan tahlil qilish, nosozliklarni prognozlash va samaradorlikni oshirish imkonini beradi. Germaniya avtomobilsozlik sanoatida, xususan, BMW va Volkswagen korxonalarida digital twins texnologiyasi avtomobil detallarining mustahkamligi, aerodinamikasi va ishlash muddatini sinovdan o'tkazishda keng qo'llanmoqda. Bu orqali ular real ishlab chiqarishdan avval virtual muhitda yuzlab sinovlarni o'tkazib, vaqt va xarajatlarni sezilarli kamaytirmoqda. Bunday jarayonlarda metrologik aniqlik yuqori darajada ta'minlanmasa, digital twins modeli haqiqatga mos kelmay qoladi. Metrologiyaning sanoatda qo'shgan hissasi faqat sifat nazoratida emas, balki energiya samaradorligini oshirishda ham

ko'zga tashlanadi. Masalan, ishlab chiqarishda ortiqcha sarflanayotgan energiya yoki resurslarni aniq o'lchash orqali korxonalar iqtisodiy samaradorlikka erishmoqda. Bundan tashqari, global bozor talablariga javob beruvchi xalqaro standartlar bilan uyg'unlashgan o'lchash tizimlari mamlakatning eksport salohiyatini kuchaytiradi.

Xalqaro tajribalar shuni ko'rsatadiki, Yaponiya va AQShda metrologiya raqamli ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalar bilan integratsiya qilingan. Bu davlatlarda mahsulot sifati yuqori aniqlikdagi o'lchash vositalari orqali kafolatlanadi. Germaniya esa sanoatni "aqlli zavodlar" konsepsiyasi asosida rivojlantirib, metrologiyani ishlab chiqarishning har bir bosqichiga integratsiya qilmoqda.

Xulosa. Metrologiya Sanoat 4.0 texnologiyalarining ishonchli rivojlanishi uchun poydevor hisoblanadi. Aniqlik, standartlashtirish va raqamli integratsiya orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, sun'iy intellekt va avtomatlashtirilgan tizimlar uchun sifatli ma'lumot bazasini yaratadi. Shu bois metrologiya nafaqat ilmiy fan, balki zamonaviy sanoatning strategik infratuzilmasi sifatida qaralishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. International Bureau of Weights and Measures (BIPM). "The International System of Units (SI)." Paris, 2019.
2. National Institute of Standards and Technology (NIST). Annual Report, Washington, 2022.
3. Fraunhofer Institute. "Industry 4.0 and Measurement Science." Berlin, 2021.
4. "Metrologiya asoslari." O'zbekiston Milliy Universiteti darsligi, Toshkent, 2020.
5. R. Qodirov, Sh. Karimov. "Sanoat tarmoqlarida metrologik ta'minot." Toshkent: TDPU nashriyoti, 2021.
6. Xitoy Fanlar Akademiyasi. "Measurement Science and Intelligent Manufacturing." Beijing, 2022.