



## AQLLI DATCHIKLARNING METROLOGIK O'LCHASH ANIQLIGI VA O'LCHASH NOANIQLIGINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY USULLARI

*Muallif: Sufioxunova Gulnoraxon Jaxongir qizi*

*E-mail: sufiohunovaguli@gmail.com*

**Annotatsiya:** Mazkur tezisd aqlli datchiklarning metrologik tavsiflari, o'lchash aniqligi va o'lchash noaniqligini baholash masalalari 2026 yilgi raqamli metrologiya tendensiyalari asosida keng yoritiladi. Datchiklarning sezgirliigi, chiziqliligi, rezolyutsiyasi, takrorlanuvchanligi, gisterezisi va drift xususiyatlari o'lchash natijasining ishonchliligiga bevosita ta'sir qiluvchi asosiy omillar sifatida tahlil qilinadi. Shuningdek, etalon vositalar, tashqi muhit, signal shovqini, raqamli qayta ishlash va algoritmik korreksiya bilan bog'liq noaniqlik manbalarini birlashtirib baholash yondashuvi ko'rib chiqiladi.

**Tayanch so'zlar:** aqlli datchik, metrologik tavsif, o'lchash aniqligi, o'lchash noaniqligi, sezgirlik, kalibrlash, drift, raqamli metrologiya

**Аннотация:** В тезисе подробно рассматриваются метрологические характеристики интеллектуальных датчиков, точность и неопределенность измерений с учетом тенденций цифровой метрологии 2026 года. Анализируются чувствительность, линейность, разрешающая способность, повторяемость, гистерезис и дрейф, а также влияние эталонов, окружающей среды, шумов и цифровой обработки данных.

**Ключевые слова:** aqlli datchik, metrologik tavsif, o'lchash aniqligi, o'lchash noaniqligi, sezgirlik, kalibrlash, drift, raqamli metrologiya

**Abstract:** This thesis provides an expanded discussion of smart-sensor metrological characteristics, measurement accuracy and measurement uncertainty in the context of 2026 digital metrology. Sensitivity, linearity, resolution, repeatability, hysteresis and drift are analysed together with the effects of standards, environment, noise and digital processing.



**Key words:** aqlli datchik, metrologik tavsif, o'lchash aniqligi, o'lchash noaniqligi, sezgirlik, kalibrlash, drift, raqamli metrologiya



1-rasm. Datchiklarning turli konstruktiv ko'rinishlari

## Kirish

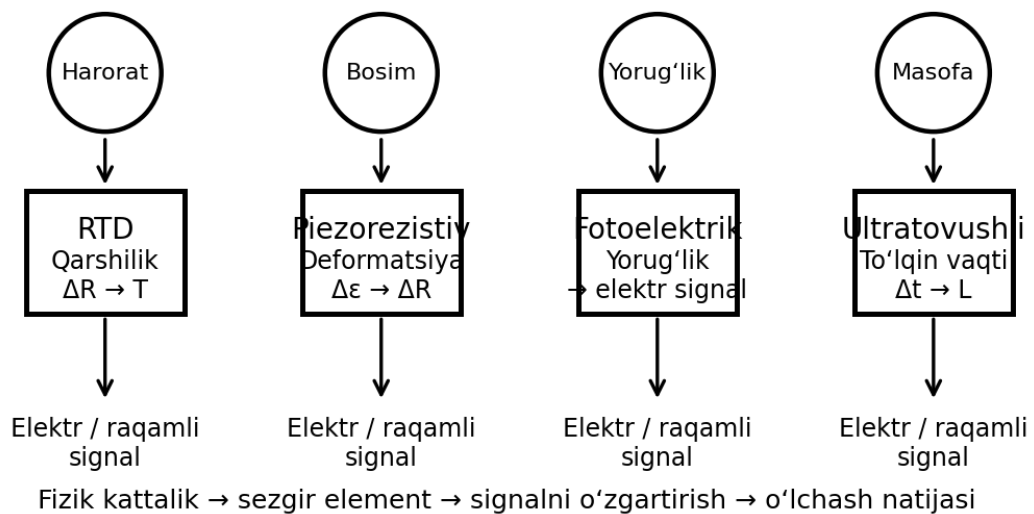
Zamonaviy ishlab chiqarish, energetika, transport, tibbiyot, qishloq xo'jaligi va ekologik monitoring tizimlarida fizik kattaliklar to'g'risidagi ma'lumotlar asosan datchiklar yordamida olinadi. Harorat, bosim, namlik, sarf, kuch, tebranish, yorug'lik va boshqa parametrlarni o'lchash sifati boshqaruv tizimining yakuniy samaradorligiga ta'sir qiladi. Shu sababli 2026 yil sharoitida datchikni oddiy signal manbai sifatida emas, balki metrologik xususiyatlarga ega bo'lgan raqamli o'lchash tizimining elementi sifatida baholash zarur.

Aqlli datchiklar sezgir element, signalni dastlabki qayta ishlash, A/D o'zgartirish, mikroprotsessor, diagnostika va aloqa modullarini birlashtiradi. Bunday murakkab tuzilishda o'lchash natijasiga faqat sezgir element emas, balki butun axborot-o'lchash zanjiri ta'sir ko'rsatadi. Demak, metrologik tahlil "o'lchanayotgan kattalik → datchik → signalni qayta ishlash → kalibrlash → natija" zanjiri bo'yicha amalga oshirilishi maqsadga muvofiq.

## Datchiklarning turlari va o'lchash prinsiplari



## Datchiklarning asosiy o'lchash prinsiplari



2-rasm. Datchiklarning asosiy o'lchash prinsiplari

Datchiklar o'lchanayotgan fizik kattalikka va o'zgartirish prinsipiga ko'ra turli guruhlarga bo'linadi. Harorat datchiklari qarshilik, termoelektrik yoki yarimo'tkazgich xususiyatlaridan foydalanishi mumkin. Bosim datchiklari membrananing deformatsiyasini piezorezistiv, sig'imli yoki boshqa elektr signallariga aylantiradi. Namlik, gaz, optik va tebranish datchiklari esa o'ziga xos fizik effektlarga asoslanadi.

Metrologik nuqtai nazardan datchik turidan qat'i nazar, uning kirish va chiqish kattaliklari o'rtasidagi bog'lanish, o'lchash diapazoni, sezgirliigi va barqarorligi aniqlanishi kerak. Ayniqsa raqamli datchiklarda kvantlash, dasturiy filtrlar va ichki korreksiya algoritmlari natijaga qo'shimcha ta'sir ko'rsatadi.

### Asosiy metrologik tavsiflar

Sezgirlik kirish kattaligining ma'lum o'zgarishiga nisbatan chiqish signalining o'zgarishini ifodalaydi. Yuqori sezgirlik kichik o'zgarishlarni qayd etishga yordam beradi, biroq bu har doim yuqori aniqlikni anglatmaydi. Aniqlikda sistematik og'ish, tasodifiy tarqalish va noaniqlik birgalikda hisobga olinadi.



Chiziqlilik datchikning haqiqiy uzatish xarakteristikasi ideal modelga qanchalik yaqinligini ko'rsatadi. Takrorlanuvchanlik bir xil sharoitda qayta o'lchashlar natijasining yaqinligi bilan baholanadi. Gisterezis esa kirish kattaligi oshib va kamayib kelganda bir xil nuqtada turli chiqish qiymatlari yuzaga kelishi bilan tavsiflanadi. Rezolyutsiya datchik farqlay oladigan eng kichik o'zgarishni belgilaydi. Drift esa vaqt davomida nol nuqtasi yoki sezgirlikning siljishi bo'lib, uzoq muddatli monitoringda muhim muammo hisoblanadi.

### **O'lchash noaniqligini shakllantiruvchi manbalar**

Datchik natijasining noaniqligi bir nechta komponentlardan tashkil topadi. Birinchi komponent kalibrlash etalonining noaniqligi bilan bog'liq. Ikkinchi komponent datchikning takrorlanuvchanligi, rezolyutsiyasi va shovqinidan kelib chiqadi. Uchinchi komponent tashqi muhit — harorat, namlik, vibratsiya va elektromagnit ta'sir bilan bog'liq. To'rtinchi komponent ma'lumotlarni raqamlashtirish, filtrlash va algoritmik qayta ishlash jarayonida yuzaga keladi.

2026 yilgi raqamli metrologiya yondashuvlarida ushbu komponentlarni faqat alohida ko'rsatish emas, balki o'lchash modeli bilan bog'lash muhimdir. Natija qiymati bilan birga uning noaniqligi ham uzatilsa, keyingi avtomatik qarorlar ishonchliroq qabul qilinadi.

### **Kalibrlash va metrologik kuzatuvchanlik**

Kalibrlash datchik ko'rsatkichlarini ma'lum metrologik xususiyatlarga ega bo'lgan etalon qiymatlar bilan taqqoslashga asoslanadi. Kalibrlash natijasida datchikning og'ishi, korreksiya koeffitsiyentlari va noaniqligi aniqlanadi. Kuzatuvchanlik esa natijani hujjatlashtirilgan uzilmagan kalibrlash zanjiri orqali tegishli etalonlarga bog'lashni talab qiladi.

Datchikni bir marta kalibrlash yetarli emas. Eksploatatsiya sharoitida drift va qarish jarayoni kuzatilishi, zarur davriylikda qayta kalibrlash bajarilishi



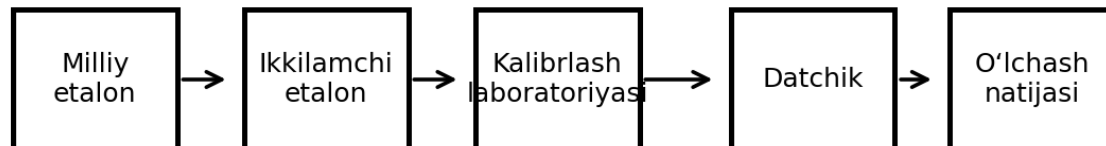


lozim. 2026 yilgi tendensiyada ushbu ma'lumotlarni raqamli shaklda saqlash va avtomatik monitoring tizimlariga integratsiya qilish muhim o'rin egallaydi.

### 2026 yilgi istiqbolli yo'nalishlar

Hozirgi davrda aqlli datchiklardan olingan ma'lumotlarni sun'iy intellekt yordamida tahlil qilish, noaniqlikni avtomatlashtirilgan baholash va raqamli kalibrlash sertifikatlari bilan bog'lash keng rivojlanmoqda. BIPM Forum on Metrology and Digitalization 2026 materiallarida ham machine-actionable data, DCC va metrologiyaning ishonchli AI tizimlarini qo'llab-quvvatlashdagi roli asosiy mavzulardan biri sifatida ko'rsatilgan. Bu datchiklar metrologiyasining "asbobni tekshirish" bosqichidan "ma'lumot sifatini uzluksiz boshqarish" bosqichiga o'tayotganini ko'rsatadi.

#### Kalibrlash va metrologik kuzatuvchanlik zanjiri



Etalon qiymatlarining uzluksiz kalibrlash zanjiri orqali datchik natijasiga uzatilishi

#### 3-rasm. Kalibrlash va metrologik kuzatuvchanlik zanjiri

#### Xulosa

Aqlli datchiklarning metrologik o'lchash sifati faqat datchik pasportida ko'rsatilgan aniqlik klassi bilan belgilanmaydi. Yakuniy natija sezgir elementning fizik xususiyatlari, signalni o'zgartirish zanjiri, raqamli qayta ishlash, tashqi muhit, kalibrlash sifati va foydalanish sharoitining umumiy ta'siri natijasida shakllanadi. Shuning uchun datchikni baholashda tizimli metrologik yondashuv qo'llanishi lozim.



2026 yil sharoitida eng muhim yo'nalishlardan biri o'lchash qiymati va uning noaniqligini birgalikda raqamli muhitda yuritishdir. Bu yondashuv datchiklar tarmog'ida avtomatik muvofiqlik nazorati, prognozli texnik xizmat va ishonchli boshqaruv qarorlarini amalga oshirishga imkon beradi. Sun'iy intellekt yordamida anomaliya va driftni aniqlash istiqbolli bo'lsa-da, bunday tizimlarning o'zi ham etalonlar, validatsiya va metrologik kuzatuvchanlik bilan ta'minlanishi kerak.

Demak, kelajakdagi datchik metrologiyasining asosiy vazifasi yuqori aniqlikdagi yangi datchiklarni yaratish bilangina cheklanmaydi. Asosiy maqsad — datchikning butun hayotiy sikli davomida uning o'lchash sifatini kuzatish, noaniqlikni boshqarish va natijalarning ishonchliligini raqamli hamda avtomatlashtirilgan usullar bilan ta'minlashdir.

#### **FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Ismatullayev P.R., Matyakubova P.M., Turayev Sh.A. Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish. Darslik. Toshkent: Lesson press, 2015.
2. Maxmonov U.A., Amirqulov U.O. Standartlashtirish, metrologiya va sifatni boshqarish. Darslik. Toshkent: Excellent Polygraphy, 2020.
3. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник и практикум. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт, 2025. 704 с.
4. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM).
5. BIPM. FORUM-MD 2026: machine-actionable data, Digital Calibration Certificates and trustworthy AI in metrology. 2026.
6. Brunner N. va boshqalar. Towards fully automated metrological traceability in process monitoring: benefits of Digital Calibration Certificates. Journal of Sensors and Sensor Systems, 2026, 15, 77–89.