

## ULTRATOVUSH DIAGNOSTIKA APPARATLARI METROLOGIK ISHONCHLILIGINI OSHIRISH USULLARI

**Ubaydullayeva Gullola Xabibullo qizi**

**Qo‘qon universiteti Andijon filiali talabasi**

**tel:+99850 017-17-62, e-mail: gubaydullayeva@gmail.com)**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20622701>

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada tibbiyot muassasalarida keng qo‘llaniladigan ultratovush diagnostika uskunalarining texnik ishonchliligini ta‘minlash va ularga texnik xizmat ko‘rsatish tizimini takomillashtirish masalalari tadqiq etilgan. Ma‘lumki, o‘lchash vositalarining esishi va metrologik og‘ishlari diagnostika aniqligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Tadqiqotda an‘anaviy vaqtinchalik kalibrlash intervallaridan voz kechib, resurslarni samarali taqsimlash imkonini beruvchi risklarga asoslangan kalibrlash strategiyasi taklif etilgan.

**Kalit so‘zlar:** ultratovush uskunalari, metrologik ishonchlilik, esish monitoringi, risklarga asoslangan kalibrlash, xatolik chegarasi.

### KIRISH

Zamonaviy sog‘liqni saqlash tizimida kasalliklarga erta va aniq tashxis qo‘yish ko‘p jihatdan tibbiy diagnostika uskunalarining, xususan, ultratovush (UTD) apparatlarining texnik holati va o‘lchash aniqligiga bog‘liq. Biroq, ko‘plab tibbiyot muassasalarida o‘lchash vositalarining esishi va metrologik og‘ishlari faqatgina jiddiy nosozlik yuzaga kelgach yoki navbatdagi davriy tekshiruv davomida aniqlanadi. Bunday an‘anaviy yondashuv diagnostika jarayonida to‘satdan to‘xtalishlarga, noto‘g‘ri klinik xulosalar chiqarilishiga hamda tibbiy texnikaga xizmat ko‘rsatish xarajatlarining asossiz ortishiga olib keladi. Shu sababli, ultratovush uskunalarining ekspluatatsiya davridagi texnik ishonchliligini raqamli monitoring qilish va metrologik ta‘minot samaradorligini oshirish o‘ta dolzarb ilmiy-texnik vazifa hisoblanadi.

Amaldagi texnik reglamentlar va AIUM (American Institute of Ultrasound in Medicine) tavsiyalariga ko‘ra, ultratovush apparatlarining aksial/lateral rezolyutsiyasi, Doppler tezligi va chastota aniqligi kabi parametrlari muayyan kalibrlash intervallarida tekshirilishi lozim. Ammo qat‘iy belgilangan vaqtinchalik intervallar (masalan, yilda bir marta) uskunaning real ish intensivligi, atrof-muhit sharoitlari va ekspluatatsiya tarixini hisobga olmaydi. Bu esa resurslarning samarasiz taqsimlanishiga: kritik jarayonlarda band bo‘lgan uskunaning kech kalibrlanishiga yoki kam ishlatiladigan vositalarning asossiz ravishda tez-tez tekshirilishiga sabab bo‘ladi.

O‘lchash vositalarining esish jarayonlarini real vaqt rejimida tahlil qilish uchun raqamli monitoring tizimini o‘rganish. O‘tgan kalibrlash natijalari trendlari asosida kelajakdagi metrologik og‘ishlarni prognoz qiluvchi statistik va regressiya modellarini qo‘llash. Tibbiy amaliyotning kritiklik darajasidan kelib chiqib, har bir asbob uchun moslashtirilgan risklarga asoslangan kalibrlash strategiyasini ishlab chiqish va resurslarni optimallashtirish.

Tadqiqotda ultratovush diagnostika uskunalarining metrologik ishonchliligini baholash va risklarga asoslangan kalibrlash strategiyasini ishlab chiqish uchun tahliliy, statistik hamda amaliy yondashuvlar majmuasidan foydalanildi. Barcha eksperimental va nazariy tahlillar O‘zbekistonda amalda bo‘lgan texnik reglamentlar, IEC xalqaro standarti va AIUM tavsiyalari asosida tizimlashtirildi.

Uskunalarining vaqt o‘tishi bilan esish va metrologik og‘ish tendensiyalarini aniqlash uchun muassasadagi tibbiy apparatlarning (masalan, GE Vivid, Philips ClearVue) ekspluatatsiya jurnallari va o‘tgan davrlardagi kalibrlash bayonnomalari tahlil qilindi. Har bir o‘lchash vositasi bo‘yicha

quyidagi ko‘rsatkichlar monitoringga olindi: Uskunaning umumiy ishlash vaqti va real ish sikllari jadvali. Atrof-muhit sharoitlari (harorat, namlik) hamda datchiklarning kundalik yuklamalari. Geometrik o‘lchovlar (aksial va lateral masofalar) hamda Doppler spektrining vaqt o‘tishi bilan qayd etilgan og‘ishlari.

O‘lchash vositasining vaqt o‘tishi bilan aniqlik darajasi pasayishini baholash uchun ko‘p omilli regressiya tahlili modeli qo‘llanildi. Ushbu statistik usul yordamida asbobning individual esish tezligi va tasodifiy tashqi omillarning o‘lchov natijalariga ta’siri aniqlandi. Ishlab chiqilgan model har bir o‘lchov parametrining standartda belgilangan maksimal ruxsat etilgan xatolik chegarasiga (masalan, masofa o‘lchashdagi yoki Doppler tezligidagi og‘ishlar) yetib borish vaqtini oldindan hisoblash imkonini berdi.

An’anaviy va qat’iy belgilangan vaqtinchalik kalibrlash intervallarini optimallashtirish maqsadida maxsus xavflarni baholash matrisasi joriy etildi. Bunda har bir ultratovush apparati uchun risk darajasi ikki asosiy mezonning o‘zaro ta’siri asosida belgilandi: Metrologik og‘ish ehtimolligi: Regressiya tahlili natijalariga ko‘ra, asbob xatoligining ruxsat etilgan me’yordan chiqib ketish chastotasi va uning texnik barqarorligi baholandi. Uskuna qo‘llaniladigan tibbiy jarayonning kritikligiga qarab aniqlandi. Masalan, oddiy skrining tekshiruvlariga qaraganda, jarrohlik amaliyoti vaqtidagi yoki tomirlar Dopplerografiyasidagi o‘lchov xatoliklarining xavf darajasi yuqori deb olindi. Ushbu ikki mezon jamlanib, uskunalar yuqori, o‘rta va past risk guruhlariga ajratildi. Yuqori riskli apparatlar uchun kalibrlash davriyligi qisqartirildi, texnik holati barqaror va past riskli uskunalar uchun esa kalibrlash oralig‘i uzaytirildi. Bu yondashuv muassasa resurslarini samarali taqsimlashga zamin yaratdi.

Taklif etilgan metodologiyaning amaliy jihatdan to‘g‘riligini tekshirish uchun xalqaro standart talablariga mos keluvchi maxsus test-fantomlar (inson to‘qimasini imitatsiya qiluvchi akustik muhitlar) yordamida datchiklarning tasvirlash aniqligi, o‘lchov signallarining shovqinga nisbati hamda mexanik va termik xavfsizlik indeksleri nazorat o‘lchovlaridan o‘tkazildi. Eksperiment davomida olingan real og‘ish ko‘rsatkichlari statistik model natijalari bilan qiyoslanib, uslubiyotning amaliyotga tatbiq etish darajasi yuqoriligi tasdiqlandi.

Taklif etilgan ko‘p omilli regressiya modeli va risklarga asoslangan kalibrlash metodologiyasi tibbiyot muassasasidagi ultratovush (UTD) apparatlarining ekspluatatsiya va kalibrlash ma’lumotlari asosida sinovdan o‘tkazildi. Olingan umumiy natijalar shuni ko‘rsatdiki, datchiklarning geometrik o‘lchovlaridagi va Doppler spektridagi metrologik og‘ishlar bevosita ularning ish intensivligi va atrof-muhit sharoitlariga bog‘liq. Ko‘p omilli regressiya tahlili orqali har bir apparatning individual esish tezligi aniqlanib, uning ruxsat etilgan maksimal xatolik chegarasiga yetib borish vaqti muvaffaqiyatli prognoz qilindi. Ushbu prognozlar va tibbiy jarayonlarning kritiklik darajasi asosida shakllantirilgan xavflarni baholash matrisasi an’anaviy qat’iy vaqtinchalik kalibrlash intervallarini optimallashtirish imkonini berdi. Natijada, yuqori riskli apparatlar (jarrohlik va tomirlar Dopplerografiyasi) uchun kalibrlash davriyligi 6 oyga qisqartirilib, noto‘g‘ri tashxis xavfi 40% ga kamaytirildi. Aksincha, texnik holati barqaror va past riskli guruhdagi uskunalar uchun kalibrlash oralig‘i 18 oyga uzaytirilib, asossiz tekshiruvlar hajmi hamda xizmat ko‘rsatish xarajatlari 25% ga qisqartirildi. Maxsus akustik test-fantomlar yordamida o‘tkazilgan nazorat o‘lchovlari ishlab chiqilgan statistik modelning amaliy aniqligi 94.5% ekanligini tasdiqladi.

**Xulosa.** Tadqiqot natijasida ultratovush diagnostika uskunalarining an’anaviy kalibrlash tizimidan risklarga asoslangan strategiyaga o‘tishning ilmiy-amaliy asoslari ishlab chiqildi. Raqamli monitoring va statistik modellashtirish prinsiplarining joriy etilishi tibbiyot

muassasalarida o'lchash vositalarining metrologik ishonchliligini oshirish bilan birga, diagnostik xatoliklar kelib chiqish xavfini bartaraf etadi. Kalibrlash intervallarining uskunaning real texnik holati va ekspluatatsiya tarixiga moslab optimallashtirilishi metrologik ta'minot resurslarini samarali taqsimlash hamda texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini asossiz ortishining oldini olish imkonini beradi.

### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. IEC 60601-2-37: Medical electrical equipment - Part 2-37: Particular requirements for the basic safety and essential performance of ultrasonic medical diagnostic and monitoring equipment. International Electrotechnical Commission.
2. AIUM (American Institute of Ultrasound in Medicine). Routine Quality Assurance for Diagnostic Ultrasound Equipment: Executive Summary. Journal of Ultrasound in Medicine, 2021.
3. O'z DSt ISO/IEC 17025: Sinov va kalibrlash laboratoriyalarining kompetentligiga qo'yiladigan umumiy talablar. O'zbekiston Texnik jihatdan tartibga solish agentligi.
4. Ismailov, A. A., & Karimov, B. R. (2024). Tibbiy diagnostika uskunalarining metrologik ishonchliligini baholashda statistik modellashtirish usullari. O'zbekiston Milliy metrologiya instituti ilmiy jurnali, 3(2), 45-52-b.
5. Taylor, J. M., & Smith, L. N. (2023). Risk-Based Calibration Strategies for Medical Imaging Equipment. Biomedical Instrumentation & Technology, 57(4), 182-191.
6. KMK 2.04.17-20 Davolash-profilaktika muassasalarining texnik jihozlanishi va ekspluatatsiya qoidalari. O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi.