

FOTOELEKTROKOLORIMETR APPARATLARINING EKSPLUATATSION ISHONCHLILIGINI BAHOLASH VA PROFILAKTIK SERVIS STRATEGIYASINING SAMARADORLIGI

XAMROXO'JAYEV IBROXIMXO'JA JALOLIDDIN O'G'LI

Andijon davlat texnika instituti

Annotatsiya.

Klinik laboratoriyalarda qo'llaniladigan fotoelektrokolorimetr apparatlarining ekspluatatsion ishonchlilik ko'rsatkichlarini matematik model asosida baholash va profilaktik servis strategiyasining samaradorligini asoslash.

Usullar. Fotoelektrokolorimetr apparatlarining konstruktiv tuzilishi, texnik xizmat ko'rsatish bo'yicha amaliy qo'llanmalar va laboratoriya uskunalari kalibrlash talablari asosida shartli ekspluatatsion model tuzildi. Ishonchlilik ko'rsatkichlari sifatida ishdan chiqish intensivligi λ , o'rtacha nosozliklar oralig'i $MTBF$ va nosozliksiz ishlash ehtimoli $P(t) = e^{-\lambda t}$ formulalari qo'llanildi. Reaktiv servis va profilaktik servisga asoslangan ikki stsenariy taqqoslandi.

Natijalar. Modellash natijalariga ko'ra, reaktiv servis sharoitida $\lambda = 0.050$ nosozlik/oy bo'lib, $MTBF = 20$ oy va 24 oy davomida nosozliksiz ishlash ehtimoli $P(24) = 0.30$ ni tashkil etdi. Profilaktik servis joriy etilganda $\lambda = 0.022$ nosozlik/oy gacha kamaydi, $MTBF = 45.5$ oyga oshdi va 24 oylik nosozliksiz ishlash ehtimoli $P(24) = 0.59$ ga yetdi. Natijalar profilaktik xizmat apparatning barqaror ishlashini sezilarli yaxshilashini ko'rsatdi.

Xulosa. Fotoelektrokolorimetr apparatlari uchun rejalashtirilgan texnik xizmat, optik kanalni nazorat qilish, kalibrlash va servis jurnallarini yuritish laboratoriya diagnostikasi ishonchliligini oshiradi hamda apparatning ekspluatatsion barqarorligini mustahkamlaydi.

Kalit so'zlar: fotoelektrokolorimetr, ishonchlilik, $MTBF$, texnik xizmat, profilaktik servis, laboratoriya uskunalari, kalibrlash.

Kirish

Fotoelektrokolorimetr apparatlari klinik va biokimyoviy laboratoriyalarda keng qo'llaniladigan optik o'lchash qurilmalari bo'lib, ular eritmalar orqali o'tgan yorug'lik oqimining susayishini qayd etish asosida analyte konsentratsiyasini aniqlash imkonini beradi. Ushbu apparatlar laboratoriya tahlillarida glukoza, bilirubin, gemoglobin, oqsil va boshqa moddalarning konsentratsiyasini baholashda muhim rol o'ynaydi, shuning uchun ularning ishonchli va uzluksiz ishlashi diagnostik jarayonning barqarorligini belgilaydi.[9][10][2][1]

Biroq fotoelektrokolorimetr apparatlarining samarali ishlashi faqat ularning o'lchash aniqligiga emas, balki ekspluatatsion ishonchliligiga ham bog'liqdir. Agar apparatda lampaning eskirishi, optik filtrlarning ifloslanishi, fotodetektor driftga uchrashi yoki elektron blokda yashirin nuqsonlar yuzaga kelsa, bu nafaqat o'lchash natijasining noto'g'ri bo'lishiga, balki apparatning to'liq ishdan chiqishiga ham olib kelishi mumkin. Shu bois laboratoriya uskunalarida texnik xizmat ko'rsatish va servis intervalini ilmiy asosda tashkil etish, ayniqsa yuqori ish yuklamali laboratoriyalar uchun muhim hisoblanadi [4][9][8][1]

ISO 15189 talablari bo'yicha tibbiy laboratoriyalar tekshiruv natijalariga bevosita ta'sir qiluvchi uskunalar uchun kalibrlash dasturiga, hujjatlashtirilgan protseduralarga, qayta kalibrlash muddatlariga va metrologik kuzatuvchanlikka ega bo'lishi kerak. Bu talablar fotoelektrokolorimetr apparatlari uchun ham dolzarb bo'lib, ularni "faqat ishlaydimi yoki yo'qmi" prinsipi asosida emas, balki sifat boshqaruv tizimi ichida boshqarishni talab qiladi.[7][4]

Mazkur maqolaning maqsadi fotoelektrokolorimetr apparatlarining ekspluatatsion ishonchliligini matematik model orqali baholash, reaktiv va profilaktik servis strategiyalarini taqqoslash hamda laboratoriya sharoitida apparatning nosozliksiz ishlash ehtimolini oshirishga qaratilgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.[2]

Materiallar va usullar

Tadqiqot obyekti sifatida klinik laboratoriyalarda qo'llaniladigan tipik fotoelektrokolorimetr apparati qabul qilindi. Ushbu qurilma quyidagi asosiy funksional bloklardan iborat deb qaraldi: yorug'lik manbai, optik filtrlar yoki monoxromator, kyuvet bo'limi, fotodetektor, analog-elektron kuchaytirgich, hisoblash bloki va ko'rsatkich interfeysi. [2]

Ishonchlilik modeli

Aparatning ekspluatatsion ishonchliligini baholash uchun quyidagi ko'rsatkichlar qo'llanildi:

$$\lambda = \frac{n}{N \cdot t}$$

bu yerda λ – ishdan chiqish intensivligi, n – nosozliklar soni, N – kuzatilayotgan apparatlar soni, t – kuzatuv davri.[3]

O'rtacha nosozliklar oralig'i quyidagicha aniqlanadi:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Belgilangan vaqt oralig'ida apparatning nosozliksiz ishlash ehtimoli esa eksponensial model asosida hisoblandi:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Mazkur model laboratoriya uskunalarning ekspluatatsion ishonchligini konseptual baholash imkonini beradi va texnik xizmat ko'rsatish strategiyasining matematik natijasini ko'rsatishda qulaydir.[4][3]

Model uchun 8 ta fotoelektrokolorimetrdan iborat laboratoriya parki 30 oy davomida kuzatiladi deb olindi. Reaktiv servis sharoitida jami 12 ta sezilarli nosozlik, profilaktik servis sharoitida esa 5 ta nosozlik yuz bergan deb faraz qilindi.[2][3][4]

Natijalar

Ishdan chiqish intensivligi

Reaktiv servis stsenariysida:

$$\lambda_1 = \frac{12}{8 \cdot 30} = \frac{12}{240} = 0.050$$

Demak, o'rtacha nosozliklar oralig'i:

$$MTBF_1 = \frac{1}{0.050} = 20 \text{ oy}$$

Profilaktik servis stsenariysida:

$$\lambda_2 = \frac{5}{8 \cdot 30} = \frac{5}{240} = 0.0208 \approx 0.022$$

Shunda:

$$MTBF_2 = \frac{1}{0.022} \approx 45.5 \text{ oy}$$

Natijalarga ko'ra, profilaktik servis joriy etilganda apparatning o'rtacha nosozliklar oralig'i 20 oydan 45.5 oygacha oshadi, ya'ni ekspluatatsion ishonchlik ikki martadan ko'proqqa yaxshilanadi.[5]

Nosozliksiz ishlash ehtimoli

24 oy uchun nosozliksiz ishlash ehtimoli reaktiv servis sharoitida quyidagicha bo'ldi:

$$P_1(24) = e^{-0.050 \cdot 24} = e^{-1.2} \approx 0.30$$

Profilaktik servis sharoitida esa:

$$P_2(24) = e^{-0.022 \cdot 24} = e^{-0.528} \approx 0.59$$

Shunday qilib, 24 oy ichida apparatning nosozliksiz ishlash ehtimoli 30% dan 59% gacha oshdi.[7][3]

36 oylik davr uchun:

$$P_1(36) = e^{-0.050 \cdot 36} = e^{-1.8} \approx 0.17$$

$$P_2(36) = e^{-0.022 \cdot 36} = e^{-0.792} \approx 0.45$$

Bu uzoq muddatli foydalanishda profilaktik servis strategiyasining afzalligi yanada aniq ko'rinishini ko'rsatadi.¹

Munozara

Tadqiqot natijalari fotoelektrokolorimetr apparatlarining ekspluatatsion ishonchligini texnik xizmat ko'rsatish strategiyasiga bevosita bog'liq ekanini ko'rsatdi.

Reaktiv servis sharoitida apparatning o'rtacha nosozliklar oralig'i atigi 20 oy bo'lib, bu laboratoriya ish jarayonida tez-tez favqulodda uzilishlar, qayta o'lchashlar va tahlillarni kechiktirishga olib kelishi mumkin. Profilaktik servis joriy etilganda esa apparatning nosozliksiz ishlash muddati 45.5 oygacha uzaydi va bu laboratoriya ishining uzluksizligini ancha yaxshilaydi. [2][4][5]

Optik asboblarda uchun drift va eskirishning tabiiyligi ko'plab manbalarda qayd etilgan. Optik komponentlarning qarishi, lampaning intensivligi pasayishi, fotodetektordagi shovqin, kyuvet yuzasining ifloslanishi va optik yo'ldagi mayda og'ishlar apparatning o'lchash aniqligi bilan bir qatorda uning umumiy ekspluatatsion ishonchliligini ham yomonlashtiradi. Shu bois fotoelektrokolorimetr uchun "ta'mir faqat buzilganda" yondashuvi yetarli emas, chunki qurilma to'liq ishlamay qolishidan oldin ham sifatsiz natijalar berishi mumkin. [5]

ISO 15189 talablari laboratoriya uskunalari uchun kalibrlash dasturi, hujjatlashtirilgan protseduralar va qayta kalibrlash muddatini asoslash zarurligini ko'rsatadi. Bu maqoladagi natijalar ana shu talablarga amaliy dalil sifatida qaralishi mumkin: profilaktik servis apparatning ishonchliligini oshiradi, demak u laboratoriya sifat tizimining ajralmas qismiga aylanishi kerak [3]

Mazkur maqolaning cheklovi shundan iboratki, hisob-kitoblar shartli ekspluatatsion modelga tayangan. Bunda real laboratoriyadagi original servis jurnali yoki nosozliklar bazasi emas, balki fotoelektrokolorimetrylar uchun ehtimoliy ish sharoitlari va amaliy tavsiyalardan kelib chiqilgan faraziy ma'lumotlardan foydalanildi. Shunga qaramay, model texnik xizmat ko'rsatish strategiyasining ishonchlik ko'rsatkichlariga ta'sirini tushunarli va mantiqiy ko'rinishda aks ettiradi.[3][2][4]

Kelgusida bir nechta klinik laboratoriyalarda fotoelektrokolorimetr apparatlari bo'yicha real nosozlik statistikasi, lampaning xizmat muddati, kalibrlash driftlari va ichki sifat nazorati natijalarini yig'ish orqali yanada aniq ekspluatatsion model tuzish maqsadga muvofiqdir. Bunday tadqiqotlar servis oralig'ini optimallashtirish va laboratoriya xarajatlarini kamaytirish uchun foydali bo'ladi. [5]

Xulosa

Fotoelektrokolorimetr apparatlarining ekspluatatsion ishonchliligi laboratoriya diagnostikasi sifati va uzluksizligiga bevosita ta'sir qiladi. Matematik model asosida olib borilgan baholash natijalari profilaktik servis joriy etilganda ishdan chiqish intensivligi kamayishi, o'rtacha nosozliklar oralig'i uzayishi va apparatning nosozliksiz ishlash ehtimoli sezilarli oshishini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar (APA)

1. Clinical and Laboratory Standards Institute. (2016). *EP15-A3: User verification of precision and estimation of bias*. CLSI.

2. Gaugify. (2026). *ISO 15189 calibration requirements for medical laboratories*. <https://www.gaugify.io/blog/iso-15189-calibration-requirements-for-medical-laboratories>
3. International Agency for Research on Cancer. (2024). *Equipment maintenance and calibration*. https://cci4eu.aws-lcb.iarc.who.int/wp-content/uploads/2024/09/SOP_MAINTENANCE-AND-CALIBRATION-OF-EQUIPMENT_english.pdf
4. Kalstein. (2022). *Colorimeter maintenance and care*. <https://kalstein.net/en/2022/11/12/colorimeter-maintenance-and-care/>
5. Konica Minolta Sensing. (2023). *The importance of calibration for color measurement instruments*. <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/the-importance-of-calibration-for-color-measurement-instruments/>
6. PubMed. (1954). *The maintenance, standardization and use of photoelectric colorimeters*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13175799/>
7. Tropical Health Network. (n.d.). *Maintenance manual for laboratory equipment*. https://media.tghn.org/articles/Maintenance_manual_for_Laboratory_Equipment.pdf
8. World Health Organization collaborating source. (2024). *Ensure the accuracy and consistency of biochemical analyzer measurement results*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10806288/>