

ENDOSKOP APPARATLARINING EKSPLUATATSION ISHONCHLILIGINI BAHOLASH VA PROFILAKTIK SERVIS STRATEGIYASINING SAMARADORLIGI

MAXAMMADSHOKIROV SANJARBEK BAXTIYOR O'G'LI

Andijon davlat texnika instituti

Annotatsiya

Endoskop apparatlarining ekspluatatsion ishonchlilik ko'rsatkichlarini matematik model asosida baholash va profilaktik servis strategiyasining apparatning ishga yaroqliligi, ta'mirlar oralig'i va nosozliksiz ishlash ehtimoliga ta'sirini asoslash.

Usullar. Endoskoplarni texnik xizmat ko'rsatish, borescope inspeksiyasi, reprocessing va ta'mirlar chastotasi bo'yicha ilmiy maqolalar hamda servis qo'llanmalari tahlil qilindi. Endoskop apparatlari uchun shartli ekspluatatsion model tuzilib, ishdan chiqish intensivligi λ , o'rtacha nosozliklar oralig'i $MTBF$ va nosozliksiz ishlash ehtimoli $P(t) = e^{-\lambda t}$ ko'rsatkichlari reaktiv va profilaktik servis stsenariylari bo'yicha hisoblandi.

Natijalar. Modellash natijasida reaktiv servis holatida $\lambda = 0.056$ nosozlik/oy, $MTBF = 17.9$ oy va 24 oy davomida nosozliksiz ishlash ehtimoli $P(24) = 0.26$ ekani aniqlandi. Profilaktik servis, jumladan muntazam vizual va borescope inspeksiyasi joriy etilganda $\lambda = 0.024$ nosozlik/oy gacha kamaydi, $MTBF = 41.7$ oyga oshdi va 24 oylik nosozliksiz ishlash ehtimoli $P(24) = 0.56$ ga yetdi. Bu profilaktik yondashuv apparatning barqarorligini sezilarli yaxshilashini ko'rsatadi.

Xulosa. Endoskop apparatlari uchun rejalashtirilgan profilaktik servis, leak-test, borescope inspeksiyasi, reprocessing sifati nazorati va servis jurnallarini yuritish apparatning ekspluatatsion ishonchliligini oshiradi, ta'mirlash xarajatlarini kamaytiradi va klinik xizmatlarning uzluksizligini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: endoskop, ishonchlilik, $MTBF$, profilaktik servis, borescope inspeksiyasi, reprocessing, ta'mirlash chastotasi.

Kirish

Endoskop apparatlari zamonaviy diagnostika va davolash amaliyotining muhim komponenti bo'lib, gastroenterologiya, bronxologiya, urologiya, LOR va boshqa klinik sohalarda keng qo'llaniladi. Ularning asosiy afzalligi to'qimalarni to'g'ridan-to'g'ri vizualizatsiya qilish, kichik patologik o'zgarishlarni aniqlash va invaziv bo'lmagan yoki minimal invaziv manipulyatsiyalarni bajarish imkoniyatidir. Biroq endoskop apparatlari optik, mexanik va elektron komponentlardan iborat murakkab texnik tizim bo'lgani sababli, ularning nosozligi nafaqat uskunaning o'zi, balki butun klinik jarayon uzluksizligiga ta'sir ko'rsatadi.

Endoskoplarning ishdan chiqishi ko'pincha distal uch qismidagi shikastlanishlar, bukilish mexanizmi, ichki kanallar, yorug'lik uzatish tolalari, konnektorlar yoki ichki yuzalar bilan bog'liq nuqsonlar tufayli yuz beradi. Bundan tashqari, noto'g'ri reprocessing, ortiqcha mexanik kuchlanish, yetarli inspeksiya o'tkazmaslik va ichki kanallardagi yashirin nuqsonlarni vaqtida aniqlamaslik apparatning eskirishini tezlashtiradi. Shu sababli endoskop apparatlari uchun texnik xizmat ko'rsatish faqat nosozlik yuzaga kelganda ta'mirlash bilan cheklanmasligi, balki ekspluatatsion ishonchlilikni ta'minlashga qaratilgan profilaktik mexanizm sifatida tashkil etilishi kerak.

Yaqinda e'lon qilingan tadqiqotda katta akademik markazda har bir endoskop uchun muntazam borescope inspeksiya joriy etilgach, ta'mirlar chastotasi va xarajatlari sezilarli kamaygani, ta'mirlar oralig'idagi foydalanishlar soni esa 52.1 tadan 87.2 tagacha oshgani ko'rsatilgan. Bu ma'lumot profilaktik nazorat va erta aniqlash usullari endoskop apparatlarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirishda samarali ekanini tasdiqlaydi.

Mazkur maqolaning maqsadi endoskop apparatlarining ekspluatatsion ishonchliligini matematik model asosida baholash, reaktiv va profilaktik servis strategiyalarini taqqoslash hamda klinik amaliyot uchun texnik va tashkiliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Materiallar va usullar

Nosozliklar quyidagi asosiy guruhlariga ajratildi:

- a. optik va tasvir sifati bilan bog'liq nosozliklar;
- b. ichki kanal yoki tashqi qoplamadagi mexanik shikastlanishlar;
- c. leak-test muvaffaqiyatsizligi bilan bog'liq yashirin nuqsonlar;
- d. egilish/boshqaruv mexanizmi ishdan chiqishi;
- e. reprocessing bilan bog'liq ichki yuzalarning eskirishi va ifloslanishi.

Endoskop apparatlarining ekspluatatsion ishonchliligini baholash uchun klassik ishonchlilik ko'rsatkichlari qo'llanildi.^[4]

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

bu yerda λ – ishdan chiqish intensivligi, n – kuzatilgan nosozliklar soni, N – apparatlar soni, t – kuzatuv muddati.

O'rtacha nosozliklar oralig'i:

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

Belgilangan muddat uchun nosozliksiz ishlash ehtimoli:

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

Mazkur model endoskop parkining umumiy ishonchlilik holatini va servis strategiyasining ta'sirini taqqoslash uchun qo'llandi.

Model uchun 6 ta endoskop apparatidan iborat park 36 oy davomida kuzatildi deb qabul qilindi. Reaktiv servis holatida 12 ta, profilaktik servis holatida esa 5 ta sezilarli nosozlik qayd etilgan deb faraz qilindi.

Natijalar

Ishdan chiqish intensivligi va MTBF

Reaktiv servis stsenariysida:

$$\lambda_1 = \frac{12}{6 \cdot 36} = \frac{12}{216} = 0.0556 \approx 0.056$$

Shunda:

$$MTBF_1 = \frac{1}{0.056} \approx 17.9 \text{ oy}$$

Profilaktik servis stsenariysida:

$$\lambda_2 = \frac{5}{6 \cdot 36} = \frac{5}{216} = 0.0231 \approx 0.024$$

Demak:

$$MTBF_2 = \frac{1}{0.024} \approx 41.7 \text{ oy}$$

Natijalar shuni ko'rsatadiki, profilaktik servis strategiyasi joriy etilganda endoskop apparatining o'rtacha nosozliklar oralig'i 17.9 oydan 41.7 oygacha uzayadi, ya'ni ishonchlilik 2 martadan ko'proqqa yaxshilanadi.

Nosozliksiz ishlash ehtimoli

24 oy davomida nosozliksiz ishlash ehtimoli reaktiv servis uchun:

$$P_1(24) = e^{-0.056 \cdot 24} = e^{-1.344} \approx 0.26$$

Profilaktik servis uchun:

$$P_2(24) = e^{-0.024 \cdot 24} = e^{-0.576} \approx 0.56$$

36 oy uchun esa:

$$P_1(36) = e^{-0.056 \cdot 36} = e^{-2.016} \approx 0.13$$

$$P_2(36) = e^{-0.024 \cdot 36} = e^{-0.864} \approx 0.42$$

Bu natijalar profilaktik servis qo'llanilganda uzoq muddatli foydalanishda ham apparatning ishlash barqarorligi yuqori bo'lishini ko'rsatadi.

Munozara

Tadqiqot natijalari endoskop apparatlari uchun profilaktik servis strategiyasi ekspluatatsion ishonchlilikni sezilarli darajada yaxshilashini ko'rsatdi. Reaktiv servis yondashuvida apparat ko'pincha nuqson rivojlanib bo'lgandan keyin ta'mirga yuboriladi, bu esa jiddiy shikastlanishlar, ta'mir xarajatlarining ortishi va klinik ish jarayonining uzilishiga olib keladi. Profilaktik servis esa nuqsonni erta bosqichda aniqlab, jiddiy shikastlanishning oldini oladi.

Borescope inspeksiyasi bo'yicha zamonaviy tadqiqot aynan shu fikrni tasdiqlaydi: muntazam inspeksiya joriy etilganidan keyin ta'mirlar chastotasi, ta'mir narxi va ta'mirga ketadigan vaqt sezilarli kamaygan. Bu nafaqat texnik xizmat samaradorligini, balki apparat parki boshqaruvini ham yaxshilaydi, chunki ta'mirlar oralig'idagi foydalanishlar soni ortishi apparatlarning umumiy mavjudligini oshiradi. Natijada klinik bo'lim kamroq zaxira apparat talab qiladi va protseduralar oqimi barqarorroq bo'ladi.

Endoskop apparatlarining ishonchliligiga reprocessing sifati ham katta ta'sir ko'rsatadi. Noto'g'ri tozalash, mexanik ishqalanish, kanal ichidagi yashirin nuqsonlarni ko'rmaslik va noto'g'ri quritish ichki yuzalarning shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun servis strategiyasi faqat texnik muhandis xizmatiga emas, balki reprocessing xodimlari malakasi, standart operatsion protseduralar va sifat auditlariga ham tayanishi kerak.

Ushbu maqolaning cheklovi shundaki, hisob-kitoblar shartli modelga asoslangan bo'lib, konkret klinik markazdagi real servis jurnali ma'lumotlari emas, balki adabiyotlarda keltirilgan tendensiyalar va o'rtacha ekspluatatsion holatlardan kelib chiqib tuzilgan. Biroq model profilaktik servisning ishonchlik ko'rsatkichlariga ta'sirini tushunarli tarzda ko'rsatadi va endoskop apparatlari uchun texnik boshqaruv siyosatini ishlab chiqishda foydali asos bo'lib xizmat qiladi.

Kelgusida endoskopiya markazlarida apparatlar bo'yicha individual nosozlik kartalari, foydalanishlar soni, ta'mir sabablari va reprocessing ko'rsatkichlarini yig'ish orqali yanada aniq statistik model yaratish maqsadga muvofiqdir. Bu riskga asoslangan servis intervalini belgilash va apparat parkini iqtisodiy jihatdan optimal boshqarishga imkon beradi.

Xulosa

Endoskop apparatlarining ekspluatatsion ishonchliligi klinik xizmatlarning uzluksizligi, bemor xavfsizligi va tasvir sifati barqarorligi uchun muhim omil hisoblanadi. Matematik model asosidagi baholash natijalari profilaktik servis strategiyasi joriy etilganda ishdan chiqish intensivligi kamayishi, *MTBF* oshishi va apparatning nosozliksiz ishlash ehtimoli sezilarli yaxshilanishini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar (APA)

1. Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology. (2025). *The science behind endoscope reprocessing*. APIC.
2. Biomeg. (2021). *Preventive maintenance of endoscopy equipment*. <https://biomeg.co/preventive-maintenance-endoscopy/>
3. Chemtronics. (2024). *Endoscope maintenance guide*. <https://www.chemtronics.com/endoscope-maintenance-guide>

4. Kovaleva, J., Peters, F. T. M., van der Mei, H. C., & Degener, J. E. (2018). Cleaning and disinfecting gastrointestinal endoscopy equipment. *Infectious Disease Clinics of North America*, 32(4), 797–812.
5. Lamb, A., et al. (2024). Impact of borescope inspections on endoscope repair frequency and costs. *Biomedical Instrumentation & Technology*.
6. Pentax Medical. (2023). *Service commitment of PENTAX Medical*. <https://www.pentaxmedical.com/preview/ejZOSMjVMHvglubXrRyVhQtt/en/service>
7. Urology cohort study. (2007). An independent analysis of flexible cystoscopy repairs. *The Journal of Urology*.
8. Wang, Y., et al. (2023). Decision tool of medical endoscope maintenance service in clinical engineering under uncertainty. *Healthcare Engineering*.