

**EKSKAVATORLARNING GIDRAVLIK SILINDRLARI TEXNIK
HOLATINI MONITORING QILISH, NOSOZLIKLARNI OLDINDAN
ANIQLASH VA OGOHLANTIRISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH**

Tursunov Sh.B.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti

Annotatsiya. *Ushbu tezisda konchilik ekskavatorlarida qo'llaniladigan gidravlik silindrlarning texnik holatini ish jarayonida baholash, zichlagichlar yeyilishi bilan bog'liq ichki sizishni erta aniqlash va operatorni oldindan ogohlantirish masalasi tadqiq etiladi. Mavjud tadqiqotlarda gidravlik silindr nosozliklari orasida ichki sizish, tashqi sizish va zichlagichlarning yeyilishi muhim diagnostik obyektlar sifatida ko'rsatilgan. Taklif etilayotgan yondashuvda bosimlar farqi, gidravlik moy harorati, shtok harakat tezligi va ish sikli davomiyligi birgalikda kuzatiladi. Ichki sizishning fizik mohiyatini ifodalash uchun $Q_s = K_s \Delta P$ bog'lanishi, sizish natijasidagi gidravlik energiya yo'qotilishini baholash uchun $P_{loss} = \Delta P \cdot Q_s$ munosabati qo'llanadi. Diagnostik parametrlarning vaqt bo'yicha trendini tahlil qilish orqali nosozlik rivojlanishining boshlang'ich bosqichini aniqlash va kabinadagi vizual hamda ovozli signal orqali mashinistni ogohlantirish konsepsiyasi ishlab chiqiladi.*

Kalit so'zlar: *ekskavator, gidravlik silindr, texnik holat monitoringi, ichki sizish, zichlagich yeyilishi, diagnostika, gidravlik bosim, moy harorati, shtok tezligi, erta ogohlantirish, condition monitoring.*

Kirish

Gidravlik silindr ekskavatorning strela, rukoyat va kovsh kabi ishchi organlarini harakatga keltiruvchi asosiy ijro mexanizmlaridan biridir. Og'ir konchilik sharoitida silindrlar yuqori bosim, o'zgaruvchan yuklama, zarbali ta'sir, chang va haroratning o'zgarishi bilan tavsiflanadigan murakkab ekspluatatsion sharoitda ishlaydi. Shu sababli porshen va shtok zichlagichlarining yeyilishi, shtok

yuzasining shikastlanishi hamda gidravlik suyuqlikning ifloslanishi silindrning texnik holatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Muammoning muhim jihati shundaki, zichlagichning boshlang'ich yeyilishi ko'pincha tashqi ko'rik bilan darhol aniqlanmaydi. Nosozlik kuchayganda ichki sizish ortadi, foydali harakat uchun mavjud sarf kamayadi, shtok tezligi beqarorlashishi, ish sikli uzayishi va energiya yo'qotishlari ko'payishi mumkin. 2024-yildagi keng qamrovli sharhda gidravlik silindr nosozliklarini aniqlashda bosim, vibratsiya, akustik emissiya va boshqa sensorlardan foydalanish, shuningdek, diagnostikadan prognostikaga o'tish istiqbollari ko'rsatilgan [5].

Shu nuqtai nazardan, ekskavator mashinisti faqat subyektiv kuzatuviga tayanadigan diagnostikadan ko'ra, silindrning real ish parametrlarini avtomatik yig'ib, ularning me'yoriy holatdan og'ishini aniqlaydigan tizim ilmiy va amaliy jihatdan muhimdir. Mazkur ishning maqsadi — gidravlik silindr ichki sizishini bevosita bitta belgiga emas, balki bir nechta fizik parametrlarning o'zaro bog'liq o'zgarishiga asoslangan holda erta aniqlash va operatorga ogohlantirish berish konsepsiyasini taklif etish.

Materiallar va tadqiqot usuli

Tadqiqot obyekti sifatida ekskavator ishchi organlarini harakatga keltiruvchi gidravlik silindr qabul qilindi. Tadqiqotning asosiy diagnostik gipotezasi quyidagicha: zichlagich yeyilishi ortishi bilan porshenning ikki tomonidagi bosimlar orasidagi mavjud farq ta'sirida kameralararo qayta oqim, ya'ni ichki sizish kuchayadi. Natijada nasosdan kelayotgan gidravlik energiyaning bir qismi foydali mexanik ishga emas, oqimning drossellanishi va ishqalanish jarayonlari orqali issiqlikka sarflanadi.

Soddalashtirilgan diagnostik modelda ichki sizish sarfi bosimlar farfiga proporsional deb qabul qilinadi:

$$Q_s = K_s \cdot \Delta P = K_s \cdot (P_1 - P_2) \quad (1)$$

bu yerda Q_s — gidravlik silindrdagi ichki sizish sarfi, m^3/s ; K_s — silindrning ichki sizishga sezgirlik koeffitsiyenti, $m^3/(s \cdot Pa)$; ΔP — silindr kameralaridagi bosimlar farqi, Pa ; P_1 va P_2 — mos ravishda porshenning shtoksiz va shtokli

tomonidagi bosimlar. Amaliy diagnostikada K_s doimiy deb qabul qilinmaydi: uning o'zgarishi zichlagichlar va silindr juftliklarining texnik holati bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Ichki sizishning energetik oqibatini quyidagi bog'lanish bilan ifodalash mumkin:

$$P_{\text{loss}} = \Delta P \cdot Q_s \quad (2)$$

Bu yerda P_{loss} — ichki sizish bilan bog'liq gidravlik quvvat yo'qotilishi, W. Demak, ΔP va Q_s ortishi bilan yo'qotilayotgan energiya ham ortadi. Ushbu energiyaning katta qismi suyuqlik va konstruktiv elementlarda issiqlik ko'rinishida namoyon bo'lishi mumkin. Shu sababli moy haroratining uzoq muddatli trendi ham bilvosita diagnostik belgi sifatida qaraladi.

Shtokning foydali harakat tezligi ham silindrga yetib kelayotgan sarf va ichki sizish bilan bog'liq. Soddalashtirilgan holda, tegishli kamera uchun:

$$v \approx (Q_{\text{in}} - Q_s) / A_{\text{eff}} \quad (3)$$

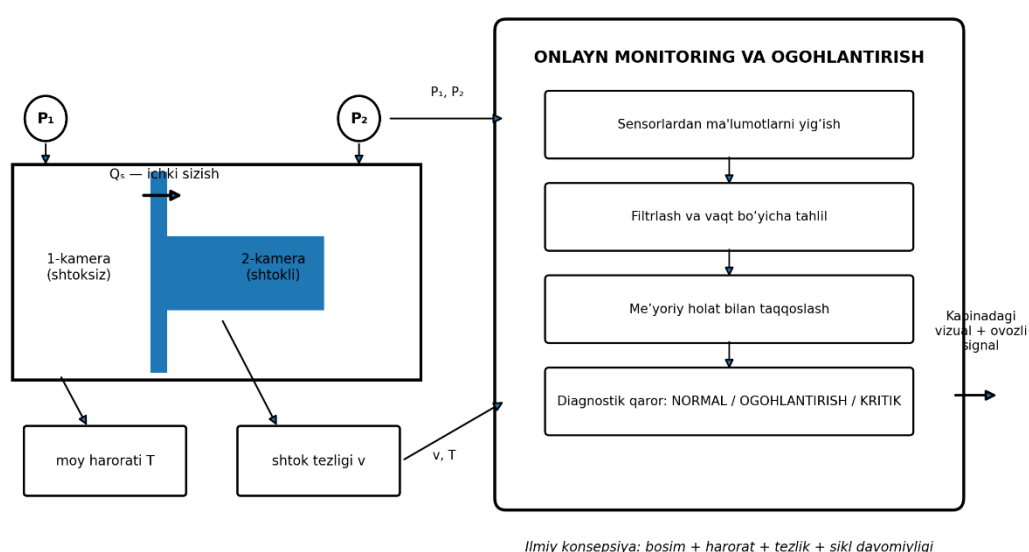
bu yerda v — shtokning o'rtacha harakat tezligi, m/s; Q_{in} — silindrga kirayotgan suyuqlik sarfi, m³/s; A_{eff} — harakat yo'nalishiga mos samarali porshen yuzasi, m². Ushbu tenglama diagnostik model sifatida qo'llanadi; real ekskavator sharoitida bosim, sarf, yuklama, klapanlarning holati va porshen yuzasining geometriyasi ham hisobga olinadi.

Adabiyotlarda bu yo'nalishning eksperimental asoslari ham mavjud. Shanbhag va hammualliflar gidravlik silindr shtok zichlagichlarini yeyilmagan, qisman yeyilgan va yeyilgan holatlarda tekshirib, 10, 20, 30 va 40 bar bosimlarda akustik emissiya signallarining farqlanishini ko'rsatgan [3]. Qiu va hammualliflar esa ichki sizish mexanizmini CFD orqali tahlil qilib, bosim signalining energetik xususiyatlarini wavelet-paket o'zgartirish va ko'p o'zgaruvchili statistik tahlil bilan birlashtirgan [4]. Bu natijalar bosim va boshqa sensor signallarini birgalikda qayta ishlash yondashuvining ilmiy asosga ega ekanini ko'rsatadi.

Taklif etilayotgan monitoring tizimi va diagnostik algoritm

Taklif etilayotgan tizimning asosiy g'oyasi — gidravlik silindrning texnik holatini ish jarayonining o'zida, silindrni demontaj qilmasdan baholashdir. Buning uchun silindr gidravlik konturining mos nuqtalariga bosim datchiklari, moy harorati datchigi va shtok harakatini qayd etuvchi sensor o'rnatiladi. Ish sikli boshlanishi va tugashini aniqlash uchun boshqaruv tizimining mavjud signallaridan yoki shtok holati signalidan foydalanish mumkin.

GIDRAVLIK SILINDR VA DIAGNOSTIKA PARAMETRLARI



1-rasm. Gidravlik silindr ichki sizishini kompleks monitoring qilish va operatorni erta ogohlantirishning taklif etilayotgan konseptual sxemasi.

Tizimda o'lchanadigan parametrlar alohida-alohida emas, vaqt bo'yicha o'zgarish tendensiyasi bilan baholanadi. Masalan, bir xil ish rejimida P_1 – P_2 bosimlar farqining takroriy ortishi, shtok tezligining pasayishi yoki beqarorlashishi va moy haroratining bosqichma-bosqich ko'tarilishi bir vaqtning o'zida kuzatilsa, ichki sizish ehtimoli oshgan deb qaraladi. Bunda bitta parametrlarning qisqa muddatli sakrashi darhol nosozlik sifatida qabul qilinmasligi kerak, chunki ekskavator yuklamasi va ish sikli ham bu parametrlarni o'zgartiradi.

Diagnostik qaror qabul qilish ketma-ketligi

- 1) Sensorlardan P_1 , P_2 , T va v signallarini sinxron yig'ish;

- 2) Shovqin va tasodifiy sakrashlarni filtrlash hamda ish sikllarini ajratish;
- 3) Har bir sikl uchun ΔP , o'rtacha shtok tezligi, maksimal/yo'nalish bo'yicha moy harorati va sikl davomiyligini hisoblash;
- 4) Joriy ko'rsatkichlarni shu ish rejimiga mos me'yoriy baza bilan taqqoslash;
- 5) Parametrlarning vaqt bo'yicha trendini baholash va bir nechta diagnostik belgilar mosligini tekshirish;
- 6) Holatni NORMAL, OGOHLANTIRISH yoki KRITIK darajalarga ajratish va tegishli signalni operator kabinasiga uzatish.

Bu yerda ogohlantirish va kritik chegaralarini universal son sifatida berish maqsadga muvofiq emas. Ular konkret ekskavator modeli, silindr turi, ishchi suyuqlik, yuklama va normal ish rejimlari bo'yicha tajriba ma'lumotlari asosida kalibrlanishi kerak. Shu yondashuv soxta ogohlantirishlar sonini kamaytirish va realnosozlikni barqarorroq ajratish imkonini beradi.

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijasida gidravlik silindr nosozligini faqat tashqi sizish yoki mashinistning subyektiv kuzatuvini orqali emas, balki ichki jarayonning fizik belgilarini kompleks kuzatish asosida aniqlash konsepsiyasi shakllantirildi. Uning muhim jihati shundaki, diagnostika algoritmi bitta signalning absolyut qiymatiga emas, balki bosimlar farqi, harorat, shtok tezligi va ish sikli davomiyligining o'zaro mos o'zgarishiga tayanadi.

Ilmiy adabiyotlar bilan taqqoslash shuni ko'rsatadiki, gidravlik silindr zichlagichlari holatini aniqlashda akustik emissiya signallari ham sezgir diagnostik vosita bo'la oladi. Shanbhag va hammualliflar vaqt va chastota sohasidagi AE belgilaridan foydalanib, yeyilmagan, qisman yeyilgan va yeyilgan zichlagich holatlarini ajratish mumkinligini ko'rsatgan [3]. Qiu va hammualliflarning ishida esa bosim signalining energetik belgilarini wavelet-paket va statistik xususiyatlar bilan birlashtirish ichki sizish va zichlagich yeyilishini aniqlashga xizmat qilgan [4]. Ushbu natijalar taklif qilinayotgan tizimni kelgusida akustik emissiya yoki

vibratsiya kanali bilan kengaytirish mumkinligini ko'rsatadi.

Mazkur tezis doirasida raqamli chegaralar yoki ekskavatorning real ish sharoitida olingan eksperimental natijalar sun'iy ravishda kiritilmadi. Aksincha, taklif etilgan diagnostik ko'rsatkichlar keyingi bosqichda konkret Hitachi EX3600 turkumidagi silindrda tajriba sinovlari orqali kalibrlanishi lozim. Bunda sog'lom silindrning normal ish sikllari bazasi yaratiladi, so'ngra zichlagichning turli yeyilish holatlari bo'yicha ΔP , T , v va sikl davomiyligi qayd etiladi. Shu ma'lumotlar asosida ogohlantirish chegaralari va diagnostik model parametrlarini aniqlash mumkin.

Xulosa

Ekskavator gidravlik silindrlarining texnik holatini ish jarayonida monitoring qilish uchun bosim, moy harorati, shtok tezligi va ish sikli davomiyligini kompleks qayd etishga asoslangan diagnostik yondashuv taklif etildi. Ichki sizishning boshlang'ich bosqichi $Q_s = K_s \Delta P$ bog'lanishi orqali fizik jihatdan ifodalandi, sizish bilan bog'liq energiya yo'qotilishi esa $P_{\text{loss}} = \Delta P \cdot Q_s$ orqali baholandi. Taklif etilgan tizim nosozlikning dastlabki belgilarini avtomatik aniqlash, ularni me'yoriy ish rejimi bilan taqqoslash va mashinistni kabinadagi vizual hamda ovozli signal orqali oldindan ogohlantirishga yo'naltirilgan.

Kelgusidagi tajriba tadqiqotlarida diagnostik chegaralarni konkret ekskavator va gidravlik silindr uchun aniqlash, sensorlarning optimal joylashuvini asoslash hamda bosim signallarini akustik emissiya yoki vibratsiya belgilariga qo'shib tahlil qilish maqsadga muvofiq. Bunday yondashuv texnik xizmatni holatga asoslangan rejalashtirishga o'tish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Haydarov S.B., Usmonov M.Z. Ekskavator ishchi a'zolarining ish samaradorligini oshirishda ta'sir etuvchi omillarni tahlil qilish. Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности. 2023. 1(2). 70–78.
2. Maftunjon U. et al. Tog' jinslarini qazib olishda karyer ekskavatorining asosiy mexanizmlarining o'zaro ta'siri. UK Scientific Review of the Problems and Prospects of Modern Science and Education. 2022. 1(2). 10–16.
3. Shanbhag V.V., Meyer T.J.J., Caspers L.W., Schlanbusch R. Condition

monitoring of hydraulic cylinder seals using acoustic emissions. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. 109. 1727–1739. DOI: 10.1007/s00170-020-05738-4.

4. Qiu Z., Min R., Wang D., Fan S. Energy features fusion based hydraulic cylinder seal wear and internal leakage fault diagnosis method. Measurement. 2022. 195. 111042. DOI: 10.1016/j.measurement.2022.111042.

5. Kumar P., Park S., Zhang Y., Jo S.H., Kim H.S., Kim T. A Review of Hydraulic Cylinder Faults, Diagnostics, and Prognostics. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. 2024. 11. 1637–1661.

6. Shanbhag V.V., Meyer T.J.J., Caspers L.W., Schlanbusch R. Diagnostics of seal and rod degradation in hydraulic cylinders using acoustic emissions. PHM Society European Conference. 2020. 5(1). DOI: 10.36001/phme.2020.v5i1.1173.

7. Shanbhag V.V., Meyer T.J.J., Caspers L.W., Schlanbusch R. Acoustic emission based condition monitoring study of piston rod seals by varying speed and pressure parameters. Annual Conference of the PHM Society. 2020. 12(1). DOI: 10.36001/phmconf.2020.v12i1.1133.