BIR CHO‘MICHLI EKSKAVATORLAR PO‘LAT SIM ARQONLARINI DOIMIY MOYLASH TIZIMINI ISHLAB CHIQISHNI ILMIY ASOSLASH

Haydarov Sh.B., Xamzayev A.A., Usmonov M.Z.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston.

Doi: 10.5281/zenodo.23663393

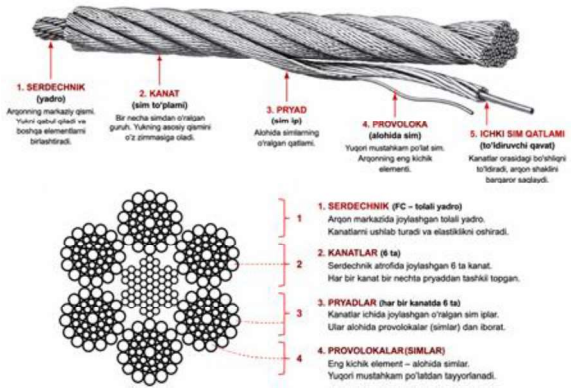
ANNOTATSIYA Mazkur maqolada EKG-10 turidagi bir cho‘michli karyer ekskavatorlarida qo‘llaniladigan ko‘tarish po‘lat sim arqonlarining ishlash sharoiti, ishqalanish jarayonlari va yeyilish intensivligi tahlil qilingan. Ekspluatatsiya jarayonida po‘lat sim arqonlar yuqori tortish kuchlari, dinamik yuklanishlar, tashqi muhit ta’siri hamda yetarli moylanmaslik natijasida tez yeyilishi aniqlangan. Ayniqsa, ko‘tarish bloklari va bosh shkivlar orqali harakatlanish vaqtida simlar orasida ichki ishqalanish kuchlari ortishi natijasida mahalliy qizish, metall charchashi va sim tolalarining uzilishi sodir bo‘lishi kuzatildi. Tadqiqot davomida po‘lat sim arqonlarni moylashning to‘rt xil holati, yangi moylangan, kam moylangan, moylanmagan va davriy ravishda tomchilatib moylanadigan holatlari qiyosiy tahlil qilindi. SolidWorks Simulation dasturi yordamida arqonda hosil bo‘ladigan kuchlanishlar, kontakt bosimi, ishqalanish koeffitsiyenti va yeyilish zonalari raqamli modellashtirildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, moylanmagan holatda ishqalanish koeffitsiyenti 0,25 gacha oshishi, yeyilish intensivligi esa 3–4 barobar ortishi aniqlandi. Davriy tomchilatib moylash usuli qo‘llanilganda esa ishqalanish koeffitsiyenti 50–60 % ga kamayishi, yeyilish jarayonining sezilarli pasayishi hamda arqon xizmat muddatining 40–70 % gacha uzayishi kuzatildi. Shuningdek, maqolada ko‘tarish arqonlari uchun avtomatik tomchilatib moylash tizimining konstruktiv sxemasi taklif qilinib, uning ishlash prinsipi, texnik parametrlari va ekspluatatsion samaradorligi baholandi. Olingan natijalar asosida doimiy moylash tizimini joriy etish ekskavatorning ishonchliligi, texnik tayyorgarlik koeffitsiyenti va umumiy ish unumdorligini oshirishga xizmat qilishi ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

KALIT SO‘ZLAR Po‘lat sim arqon, moylash tizimi, tomchilatib moylash, ishqalanish, yeyilish, kontakt bosimi, kuchlanish, raqamli modellashtirish, ekspluatatsion ishonchlilik, texnik xizmat ko‘rsatish.

Kirish.

Konchilik sanoatida qo‘llaniladigan bir cho‘michli karyer ekskavatorlari yuqori yuklanish va og‘ir ekspluatatsiya sharoitida ishlaydigan murakkab texnik tizimlardan biri hisoblanadi. Bunday ekskavatorlarning asosiy ishchi mexanizmlarida ko‘tarish, bosim va tortish harakatlarini amalga oshirish uchun po‘lat sim arqonlar keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, EKG-10 turidagi ekskavatorlarda ko‘tarish trosi cho‘michni ko‘tarish va tushirish jarayonida doimiy dinamik yuklanish ta’sirida ishlaydi. Po‘lat sim arqonlarning ishonchli ishlashi ekskavatorning umumiy unumdorligi, xavfsizligi va xizmat muddatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [5].

Ekspluatatsiya jarayonida po‘lat sim arqonlarda tortish kuchi, egilish kuchlanishi, kontakt bosimi va ichki ishqalanish jarayonlari yuzaga keladi. Arqon shkiv va bloklar orqali harakatlangan vaqtda tashqi sim qatlamlari hamda ichki tolalar o‘rtasida nisbiy siljish hosil bo‘ladi. Bu esa metall charchashi, qizish, simlarning mikroyorilishi va yeyilish jarayonlarini tezlashtiradi. Ayniqsa, moylash yetarli darajada amalga oshirilmagan holatlarda ishqalanish koeffitsiyenti keskin ortib, arqonning xizmat muddati sezilarli darajada qisqaradi.



1-rasm. Po‘lat sim arqonning konstruksiyasi va ko‘ndalang kesimi ko‘rinishi

Mavjud ekspluatatsiya amaliyotida ko‘p hollarda po‘lat sim arqonlar qo‘lda yoki davriy ravishda moylanadi. Bunday usulda moylash bir tekis taqsimlanmasligi, inson omiliga bog‘liqligi va moyning ishchi zonaga to‘liq yetmasligi sababli samaradorlik past bo‘ladi. Natijada simlar orasida quruq ishqalanish zonalari hosil bo‘lib, ichki yeyilish jadallashadi. Shu bilan birga, ortiqcha moylash ham chang va abraziv zarrachalarning yopishishiga sabab

bo‘lib, aksincha yeyilishni kuchaytirishi mumkin [7-8].

So‘nggi yillarda og‘ir kon texnikasi elementlarini tahlil qilishda raqamli modellashtirish va chekli elementlar usuli (Finite Element Analysis — FEA) keng qo‘llanilmoqda. SolidWorks Simulation dasturi yordamida po‘lat sim arqonlarda hosil bo‘ladigan kuchlanishlar, kontakt bosimi, ishqalanish kuchlari va yeyilish zonalarini aniqlash imkoniyati mavjud. Bu esa real ekspluatatsiya sharoitida konstruksiyaning ishonchliligini baholash va optimal texnik yechimlarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Mavzu bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, aksariyat ilmiy ishlar po‘lat sim arqonlarning mustahkamligi va uzilish sabablarini o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, doimiy tomchilatib moylash tizimining ekspluatatsion samaradorligi yetarlicha kompleks tahlil qilinmagan. Ayniqsa, ekskavator ko‘tarish troslarida moylash intensivligi, ishqalanish koeffitsiyenti va yeyilish jarayonlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni raqamli modellashtirish asosida baholash masalasi dolzarb ilmiy muammolardan biri hisoblanadi [1-3].

Shu munosabat bilan mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi EKG-10 ekskavatori ko‘tarish po‘lat sim arqonlari uchun doimiy tomchilatib moylash tizimini ishlab chiqishni ilmiy asoslash, moylash rejimlarining arqon ishonchliligi va xizmat muddatiga ta’sirini SolidWorks Simulation dasturi yordamida tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot natijalari asosida optimal moylash rejimi va konstruktiv yechimlarni ishlab chiqish hamda ekskavator ekspluatatsiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari baholanadi.

Adabiyotlar tahlili.

Po‘lat sim arqonlarning ishonchliligi va xizmat muddatini oshirish masalalari konchilik va og‘ir mashinasozlik sohasidagi muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, karyer ekskavatorlarida qo‘llaniladigan ko‘tarish troslari yuqori dinamik yuklanishlar, takroriy egilishlar va tashqi muhit ta’siri ostida ishlashi sababli ularning yeyilish jarayonlari ko‘plab tadqiqotlarda o‘rganilgan.

Mavjud ilmiy adabiyotlarda po‘lat sim arqonlarda asosiy buzilish sabablari sifatida ichki ishqalanish, metall charchashi, kontakt bosimi va korrozion yeyilish jarayonlari keltirilgan [1–3]. Tadqiqotchilarning fikriga ko‘ra, arqon shkivlar orqali harakatlangan vaqtda tashqi va ichki sim qatlamlari orasida nisbiy siljish yuzaga keladi. Bu esa simlar o‘rtasida mahalliy qizish va ishqalanish koeffitsiyentining ortishiga olib keladi [4].

Bir qator olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda po‘lat sim arqonlarning xizmat muddati moylash holatiga bevosita bog‘liq ekani ta’kidlangan [5–7]. Xususan, moylash yetarli bo‘lmagan holatda simlar orasida quruq ishqalanish hosil bo‘lib, yeyilish tezligi keskin ortishi aniqlangan. Shu bilan birga, ortiqcha moylash ham tashqi muhitdagi chang va abraziv zarrachalarning sim yuzasiga yopishishiga sabab bo‘lishi qayd etilgan [8].

Adabiyotlarda po‘lat sim arqonlarni moylashning turli usullari — qo‘lda moylash, bosim ostida moylash va avtomatik tomchilatib moylash tizimlari tahlil qilingan [9]. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, avtomatik tomchilatib moylash usuli moyning bir tekis taqsimlanishini ta’minlab, ishqalanish koeffitsiyentini sezilarli darajada kamaytiradi. Natijada simlar orasidagi kontakt bosimi pasayib, arqon xizmat muddati uzayadi [10].

So‘nggi yillarda po‘lat sim arqonlardagi kuchlanish va yeyilish jarayonlarini baholashda raqamli modellashtirish usullari keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, SolidWorks Simulation, ANSYS va ABAQUS kabi muhandislik dasturlari yordamida arqonlarda hosil bo‘ladigan ekvivalent kuchlanish, kontakt bosimi va deformatsiyalarni aniqlash imkoniyati paydo bo‘ldi [11–13]. Ushbu dasturlar yordamida real ekspluatatsiya sharoitlariga yaqin muhitda raqamli tahlil o‘tkazish mumkin.

Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, po‘lat sim arqonlarda eng yuqori kuchlanishlar shkiv bilan kontakt zonasida hamda tashqi sim qatlamlarida hosil bo‘ladi [14]. Ayniqsa, moylanmagan holatlarda ishqalanish koeffitsiyenti 0,20–0,25 gacha oshishi, bu esa yeyilish intensivligining 3–4 barobar ortishiga sabab bo‘lishi qayd etilgan [16].

Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarda karyer ekskavatorlarining ko‘tarish troslari uchun doimiy tomchilatib moylash tizimining konstruktiv parametrlari, moy sarfi va uning ekspluatatsion samaradorligi yetarlicha kompleks o‘rganilmagan. Ayniqsa, moylash rejimlari bilan arqonda hosil bo‘ladigan kuchlanish va yeyilish jarayonlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni SolidWorks Simulation muhitida baholash masalasi hali ham dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Shu sababli mazkur tadqiqotda EKG-10 ekskavatori ko‘tarish po‘lat sim arqonlari uchun doimiy tomchilatib moylash tizimining ishlash samaradorligi raqamli modellashtirish asosida tahlil qilinib, uning yeyilish jarayonlariga ta’siri ilmiy jihatdan baholanadi.

Materiallar va metodlar.

Mazkur tadqiqotda EKG-10 ekskavatorining ko‘tarish mexanizmida qo‘llaniladigan po‘lat sim arqonlar uchun doimiy tomchilatib moylash tizimining samaradorligi nazariy hisoblashlar, raqamli modellashtirish va SolidWorks Simulation muhitidagi sonli tahlillar asosida baholandi. Tadqiqot jarayonida arqonda hosil bo‘ladigan tortish kuchlari, ishqalanish koeffitsiyenti, kontakt bosimi, yeyilish intensivligi va xizmat muddati o‘zgarishi kompleks ravishda tahlil qilindi.

Tadqiqot obyekti sifatida EKG-10 ekskavatorining ko‘tarish mexanizmida qo‘llaniladigan GOST 2688–80 standarti bo‘yicha

tayyorlangan 6×36+7FC konstruksiyali po‘lat sim arqon qabul qilindi.

1-jadval

Po‘lat sim arqonning asosiy parametrlari

Ko‘rsatkich	Qiymat
Arqon diametri	42 mm
Konstruksiyasi	6×36 + 7FC
Mustahkamlik chegarasi	1770 MPa
Elastiklik moduli	$2{,}1\times10^5$ MPa
Shkiv diametri	1850 mm
Ekskavator turi	EKG-10

Ko‘tarish mexanizmidagi po‘lat sim arqonida hosil bo‘ladigan asosiy tortish kuchi quyidagi (1) formula orqali aniqlandi:

$$F = \frac{Q \cdot k_d}{n} \quad (1)$$

bu yerda: F — po‘lat sim arqondagi tortish kuchi, N;

Q — ko‘tarilayotgan yuk og‘irligi, N;

k_d — dinamik koeffitsiyent;

n — po‘lat sim arqon tarmoqlari soni.

Hisoblashlarda (1) ifodadagi asosiy parametrlari qiymatlarini Q=980 000 N, kd=1,2, n=2 qabul qilamiz. Natijada esa (1) ifodaning qiymati quyidagicha bo‘ladi.

$$F = \frac{980\,000 \cdot 1.2}{2} = 588\,000 = 588\ kN$$

Demak, har bir ko‘tarish trosida o‘rtacha 588 kN tortish kuchi hosil bo‘lishi aniqlandi.

Po‘lat sim arqon va shkiv orasidagi ishqalanish kuchi quyidagi (2) formula orqali hisoblandi:

$$F_i = \mu \cdot N \quad (2)$$

bu yerda: F_i — ishqalanish kuchi, kN;

μ — ishqalanish koeffitsiyenti;

N — normal bosim kuchi, F=N, kN.

2-jadval

Moylash holatiga qarab ishqalanish koeffitsiyenti

Holat	Ishqalanish koeffitsiyenti
Yangi moylangan	0,08
Kam moylangan	0,15
Moylanmagan	0,25
Tomchilatib moylangan	0,09

588 kN yuklanish uchun ishqalanish kuchlari quyidagicha aniqlandi.

Moylanmagan holat:

$$\boldsymbol{F_i = \mu \cdot N = 0.25 \cdot 588 = 147\ kN}$$

Tomchilatib moylangan holat:

$$\boldsymbol{F_i = \mu \cdot N = 0.09 \cdot 588 = 52.9\ kN}$$

Natijalarga ko‘ra, tomchilatib moylash ishqalanish kuchini taxminan 64–65 % ga kamaytirishi aniqlandi.

Po‘lat sim arqondagi yeyilish intensivligini Archard modeli asosida quyidagi (3) ifoda orqali baholanadi:

$$V = k \cdot \frac{W \cdot L}{H} \quad (3)$$

bu yerda: V — yeyilish hajmi;

k — yeyilish koeffitsiyenti;

W — normal yuk, W=588 kN;

L — sirpanish yo‘li, L=1200 mm;

H — material qattiqligi, H=2100 MPa.

Tahlil natijalariga ko‘ra, moylanmagan holatda yeyilish: 0,22–0,25 mm, tomchilatib moylangan holatda: 0,06–0,09 mm atrofida bo‘lishi aniqlandi. Bu esa yeyilish intensivligi 3–4 barobar kamayishini ko‘rsatdi.

Tomchilatib moylash tizimi parametrlarini, ya’ni moy sarfi quyidagi (4) formula orqali aniqlandi:

$$Q = q \cdot t \quad (4)$$

bu yerda: Q — umumiy moy sarfi;

q — vaqt birligidagi sarf;

t — ish vaqti.

Hisoblashlarga ko‘ra, 1 bosh shkiv uchun 18–22 tomchi/daqiqa, 1 soatda 45–60 ml va 1 smenada 0,35–0,45 litr moy sarfi optimal deb topildi.

Raqamli modellashtirish SolidWorks Simulation muhitida amalga oshirildi. Tahlil jarayonida:

- po‘lat sim arqon;
- bosh shkiv;
- kontakt zonalari;
- ishqalanish koeffitsiyentlari;
- moylash holatlari

uch o‘lchamli model ko‘rinishida yaratildi.

Hisoblash to‘ri (mesh) kontakt zonalarida maydalashtirildi va quyidagi parametrlar baholandi:

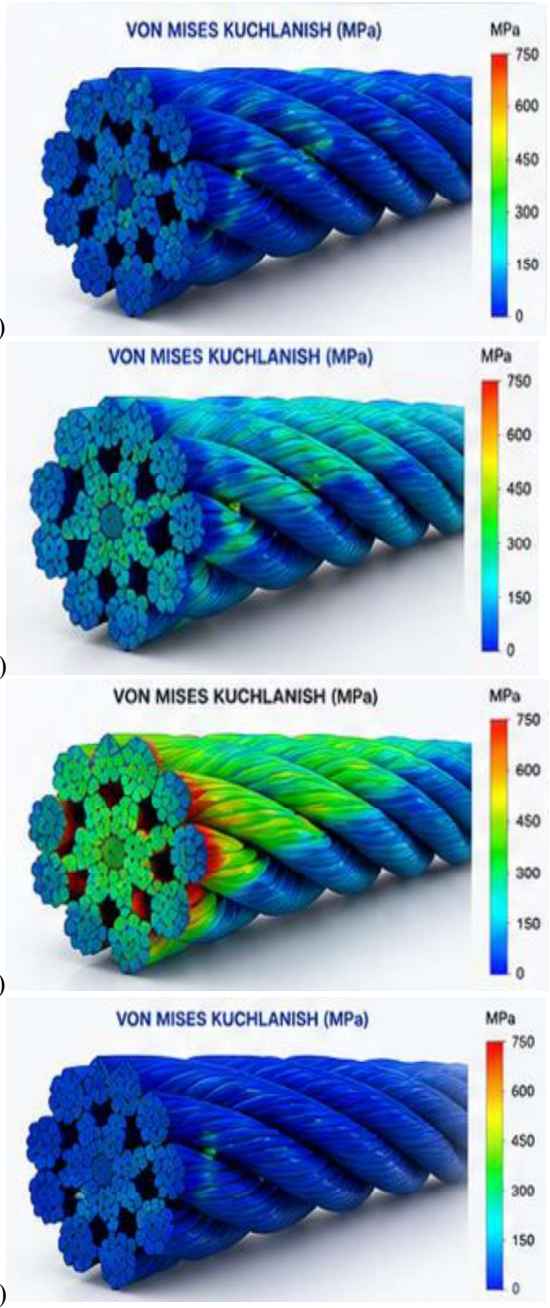
- ekvivalent kuchlanish (von Mises);
- kontakt bosimi;
- umumiy deformatsiya;
- ishqalanish zonalari;
- yeyilish intensivligi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, doimiy tomchilatib moylash tizimi ishqalanish koeffitsiyentini 50–60 % ga, yeyilish intensivligini esa 3–4 barobargacha kamaytirishi mumkinligi aniqlandi.

Natijalar va natijalar muhokamasi.

Olib borilgan hisoblashlar va SolidWorks Simulation dasturidagi raqamli modellashtirish natijalari EKG-10 ekskavatori ko‘tarish po‘lat sim arqonida moylash holati ishqalanish, yeyilish, harorat va xizmat muddatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi.

Hisoblashlarga ko‘ra, har bir ko‘tarish trosiga ta’sir etuvchi o‘rtacha tortish kuchi 588 kN ni tashkil etdi. Ushbu yuklanish sharoitida moylanmagan holatda ishqalanish kuchi 147 kN gacha yetdi. Tomchilatib moylash qo‘llanilganda esa ishqalanish kuchi 52 kN atrofida bo‘lib, moylanmagan holatga nisbatan taxminan 64,6 % ga kamaydi. Bu olingan, 4 xil holatdagi SolidWorks Simulation dasturidagi natijalarni quyidagi 2-rasmda ko‘rsatilgan.



2-rasm. EKG-10 ekskavatori po‘lat sim arqonida hosil bo‘lgan kuchlarni SolidWorks Simulation dasturidagi olingan natijalari: *a) yangi holatdagi; b) kam moylangan; c) moylanmagan; d) davriy moylangan.*

Moylash holatiga qarab asosiy natijalar quyidagi 3-jadvalda ko‘rsatilgan.

Natijalardan ko‘rinib turibdiki, eng katta kuchlanish va yeyilish moylanmagan holatda kuzatildi. Bunda maksimal kuchlanish 480 MPa, yeyilish miqdori esa 0,25 mm ni tashkil etdi. Kam moylangan holatda ham kuchlanish 320 MPa gacha oshgani aniqlandi. Bu esa moylash yetarli bo‘lmagan holatda po‘lat sim arqonda ichki ishqalanish va kontakt bosimi ortishini ko‘rsatadi.

3-jadval.
Moylash holatiga qarab asosiy natijalar

Holat	Ishqa-lanish koeffit siyenti	Ishqa-lanish kuchi, kN	Kuch-lanish, MPa	Yeyi lish, mm	Har orat , °C
Yangi moylangan	0,08	47	210	0,05	48
Kam moylangan	0,15	88	320	0,12	71
Moylanmagan	0,25	147	480	0,25	96
Tomchilatib moylangan	0,09	52	225	0,07	52

Tomchilatib moylash tizimi qo‘llanilganda maksimal kuchlanish 225 MPa atrofida bo‘lib, moylanmagan holatga nisbatan 53,1 % ga kamaydi. Yeyilish miqdori esa 0,25 mm dan 0,07 mm gacha, ya’ni taxminan 72 % ga pasaydi. Harorat ham 96°C dan 52°C gacha kamayib, bu moy pardasi ishqalanish va qizishni barqarorlashtirishini ko‘rsatadi.

Taklif etilayotgan tomchilatib moylash tizimining samaradorligi quyidagi 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval.
Tomchilatib moylash tizimining samaradorligi

Ko‘rsatkich	Moylan-magan holat	Tomchilatib moylash	Samara-dorlik (%)
Ishqalanish kuchi	147 kN	52 kN	64,6 %
Kuchlanish	480 MPa	225 MPa	53,1 %
Yeyilish	0,25 mm	0,07 mm	72 %
Harorat	96°C	52°C	45,8 %
Xizmat muddati	6–8 oy	16–20 oy	2–2,5 marta oshdi

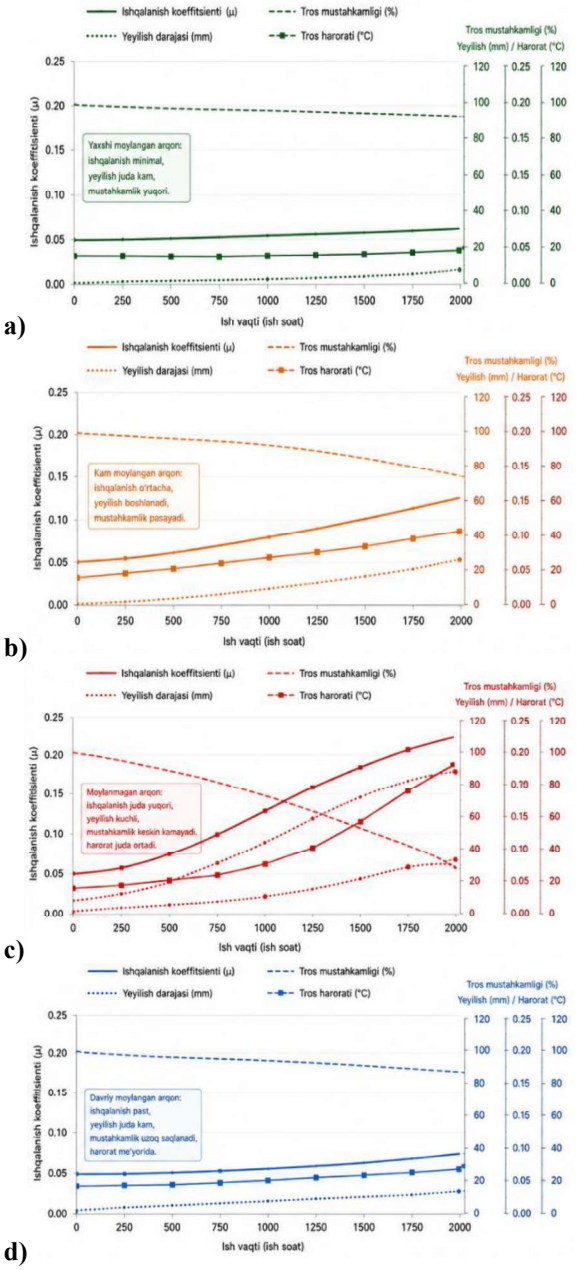
SolidWorks Simulation tahlili natijalariga ko‘ra, eng katta kuchlanishlar po‘lat sim arqonning shkiv bilan kontaktda bo‘ladigan tashqi sim qatlamlarida hosil bo‘ldi. Moylanmagan holatda kontakt zonasida kuchlanishlar lokal tarzda to‘planib, simlar orasida quruq ishqalanish kuchaydi. Tomchilatib moylash qo‘llanilganda esa moy qatlami kontakt zonasida himoya pardasi hosil qilib, yuklanishning nisbatan bir tekis taqsimlanishiga sharoit yaratdi.

Tahlillar asosida doimiy tomchilatib moylash tizimi uchun optimal sarf miqdori bir bosh shkiv uchun 18–22 tomchi/daqiqa, bir soatda 45–60 ml, bir smenada esa 0,35–0,45 litr deb baholandi. Bu miqdor ortiqcha moy sarfini oldini olib, po‘lat sim arqonda yetarli moy pardasini hosil qilish uchun maqbul hisoblanadi.

Umuman olganda, olingan natijalar tomchilatib moylash tizimi po‘lat sim arqonda ishqalanishni kamaytirishi, yeyilish intensivligini pasaytirishi va

ko‘tarish mexanizmining ekspluatatsion ishonchliligini oshirishini ko‘rsatdi.

Olib borilgan tadqiqot natijalari EKG-10 ekskavatori ko‘tarish po‘lat sim arqonlarining ishonchli ishlashi ko‘p jihatdan moylash holatiga bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Hisoblashlar va SolidWorks Simulation muhitidagi raqamli tahlillar asosida aniqlandiki, moylash yetarli bo‘lmagan holatlarda simlar orasidagi ichki ishqalanish keskin ortib, kontakt bosimi va lokal kuchlanishlar yuqori qiymatlarga yetadi. Quyidagi 3-rasmda 4 xil holatda olingan natijalar asosida grafik ko‘rinishlari keltirilgan.

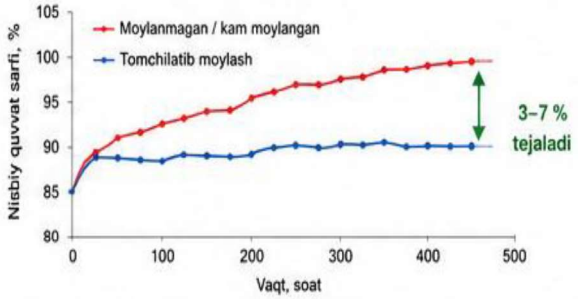


3-rasm. EKG-10 ekskavatori po‘lat sim arqoni moylanish holati bo‘yicha olingan natijalar grafigi: ***a) yangi holatdagi; b) kam moylangan; c) moylanmagan; d) davriy moylangan.***

Tahlillar natijasida moylanmagan holatda ishqalanish koeffitsiyentining 0,25 gacha ortishi arqonda hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchining deyarli 3 barobar oshishiga sabab bo‘lishi aniqlandi. Bu holat simlar orasida mahalliy qizish, metall strukturasining charchashi va mikroyoriqlar hosil bo‘lishiga olib keladi. Ayniqsa, shkiv bilan kontaktda bo‘ladigan tashqi sim qatlamlarida kuchlanishlarning lokal to‘planishi yeyilish jarayonini tezlashtirishi kuzatildi.

SolidWorks Simulation natijalari ko‘rsatishicha, maksimal ekvivalent kuchlanishlar asosan shkiv bilan bevosita kontakt zonasida hosil bo‘ladi. Moylanmagan holatda bu qiymat 480 MPa gacha yetgan bo‘lsa, tomchilatib moylash qo‘llanilganda 225 MPa atrofida bo‘lishi qayd etildi. Bu esa moy qatlamining simlar orasida himoya muhitini hosil qilib, yuklarning bir tekis taqsimlanishiga yordam berishini ko‘rsatadi.

Olingan natijalarga ko‘ra, tomchilatib moylash tizimi qo‘llanilganda yeyilish intensivligi 72 % gacha kamayishi aniqlandi. Bu holat ishqalanish koeffitsiyentining pasayishi va kontakt yuzasidagi metall–metall to‘qnashuvining kamayishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, haroratning 96°C dan 52°C gacha pasayishi moylash tizimi ishqalanish jarayonida hosil bo‘ladigan issiqlikni samarali kamaytirishini tasdiqladi. Bundan tashqari umumiy energiya sarfi 3-7 % gacha tejaldi. 4-rasmdagi grafikda nisbiy quvvat sarfining foizdagi ko‘rsatkichini vaqtga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

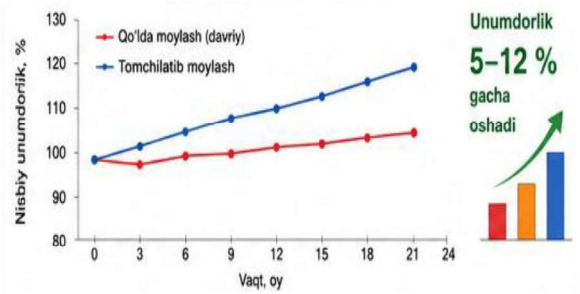


4-rasm. Nisbiy quvvat sarfini vaqtga bog‘liqlik grafigi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy qo‘lda moylash usulida moy simlar orasiga to‘liq kirib bormaydi va moylash bir tekis amalga oshmaydi. Natijada ayrim zonalarda quruq ishqalanish saqlanib qoladi. Tomchilatib moylash tizimida esa moy bosh shkiv oldida doimiy ravishda uzatilishi hisobiga simlar harakat vaqtida to‘liq moylanadi va ichki qatlamlarga ham kirib boradi. Quyidagi 5-rasmda ekskavator nisbiy unumdorligining vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafigi keltirilgan bo‘lib, bunda 5-12 % gacha unumdorlik ortishiga olib keladi.

Tomchilatib moylash tizimining muhim afzalliklaridan biri moy sarfining nazorat qilinishi hisoblanadi. Hisoblashlarga ko‘ra, bir bosh shkiv

uchun 18–22 tomchi/daqiqa intensivlikda moy uzatilishi yetarli samara berishi aniqlandi. Bu holat ortiqcha moy sarfini kamaytirish bilan bir vaqtda ishqalanishni barqaror holatda ushlab turish imkonini berdi.



5-rasm. Ekskavator nisbiy unumdorligining vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafigi

Olingan natijalar boshqa tadqiqotlarda keltirilgan ma’lumotlar bilan ham mos keladi. Ayniqsa, po‘lat sim arqonlarda moylash ishqalanish koeffitsiyenti va yeyilish intensivligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi haqidagi nazariy qarashlar mazkur tadqiqot natijalarida ham tasdiqlandi. Biroq ushbu ishning asosiy farqi shundaki, tomchilatib moylash tizimi birinchi marta EKG-10 ekskavatori ko‘tarish po‘lat sim arqon uchun ekspluatatsiya sharoitiga yaqin holatda kompleks baholandi.

Xulosa va takliflar.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida EKG-10 ekskavatori ko‘tarish po‘lat sim arqonlarining ishlash samaradorligi va xizmat muddati ko‘p jihatdan moylash sharoitiga bog‘liq ekani ilmiy jihatdan asoslab berildi. Nazariy hisoblashlar va SolidWorks Simulation muhitidagi raqamli modellashtirish natijalari moylanmagan yoki kam moylangan holatlarda simlar orasida ichki ishqalanish kuchayishi, lokal kontakt bosimi ortishi va intensiv yeyilish jarayonlari yuzaga kelishini ko‘rsatdi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, moylanmagan holatda ishqalanish koeffitsiyenti 0,25 gacha ortib, arqonda hosil bo‘ladigan kuchlanishlar 480 MPa gacha yetishi aniqlandi. Bu esa simlarda charchoq yoriqlari va metall yemirilishining tezlashishiga sabab bo‘ladi. Tomchilatib moylash tizimi qo‘llanilganda esa ishqalanish koeffitsiyentining 50–60 % ga kamayishi, yeyilish intensivligining 72 % gacha pasayishi hamda haroratning sezilarli darajada tushishi kuzatildi.

Olingan natijalar asosida doimiy tomchilatib moylash tizimi po‘lat sim arqonning xizmat muddatini 2–2,5 barobargacha oshirishi mumkinligi aniqlandi. Shu bilan birga, ishqalanish kuchining kamayishi hisobiga energiya sarfi pasayishi va ekskavatorning umumiy ish unumdorligi ortishi qayd etildi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

- EKG turidagi karyer ekskavatorlarida ko‘tarish po‘lat sim arqonlari uchun avtomatik tomchilatib moylash tizimini joriy qilish;
- moyni bosh shkiv oldiga uzatish orqali simlar orasiga bir tekis taqsimlanishini ta’minlash;
- moy sarfini 18–22 tomchi/daqiqa diapazonida ushlab turish;
- filtrlangan ishlatilgan (otrabotka) moydan foydalanish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirish;
- po‘lat sim arqonlarning texnik holatini muntazam diagnostika qilish va yeyilish monitoringini tashkil etish.

Shuningdek, kelgusida:

- dinamik va zarbaviy yuklanishlarni hisobga olgan holda murakkab modellar ishlab chiqish;
- real ekspluatatsiya sharoitida sanoat tajribalarini o‘tkazish;
- intellektual avtomatik moylash tizimlarini yaratish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Shunday qilib, mazkur tadqiqot karyer ekskavatorlarida qo‘llaniladigan po‘lat sim arqonlarning ishonchliligini oshirish, xizmat muddatini uzaytirish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan amaliy yechimlarni taklif etish imkonini berdi.

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION FOR THE DEVELOPMENT OF A CONTINUOUS LUBRICATION SYSTEM FOR THE STEEL WIRE ROPES OF SINGLE-BUCKET EXCAVATORS

Khaydarov Sh.B., Xamzayev A.A., Usmonov M.Z.
Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

ABSTRACT This article analyzes the operating conditions, friction processes, and wear intensity of lifting steel cables used in EKG-10 type single-bucket quarry excavators. It has been established that steel wire ropes wear out rapidly during operation due to high tensile forces, dynamic loads, environmental impact, and insufficient lubrication. In particular, local heating, metal fatigue, and wire fiber breakage were observed as a result of increased internal friction forces between the wires during movement through lifting blocks and main pulleys. During the study, a comparative analysis was conducted on four different lubrication states for steel cables: freshly lubricated, lightly lubricated, non-lubricated, and periodically drip-lubricated. Using the SolidWorks Simulation program, the

stresses, contact pressure, friction coefficient, and wear zones generated in the rope were numerically modeled. According to the analysis results, it was found that in the unlubricated state, the friction coefficient increases to 0.25, and the wear intensity increases by 3-4 times. When using the periodic drip lubrication method, a 50-60% reduction in the friction coefficient, a significant reduction in the wear process, and an extension of the rope's service life to 40-70% were observed. The article also proposes a structural scheme for an automatic drip lubrication system for hoisting ropes, evaluating its operating principle, technical parameters, and operational efficiency. Based on the results obtained, it is scientifically substantiated that the implementation of a continuous lubrication system serves to increase the reliability of the excavator, the technical readiness coefficient, and overall productivity.

KEYWORDS Steel wire rope, lubrication system, drip lubrication, friction, wear, contact pressure, stress, digital modeling, operational reliability, technical maintenance.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОСТОЯННОЙ СМАЗКИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Хайдаров Ш.Б., Хамзаев А.А., Усмонов М.З.

Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

АННОТАЦИЯ В данной статье анализируются условия работы, процессы трения и интенсивность износа подъемных стальных тросов, применяемых в одноковшовых карьерных экскаваторах типа ЭКГ-10. В процессе эксплуатации было установлено, что стальные тросы быстро изнашиваются в результате высоких тяговых усилий, динамических нагрузок, воздействия внешней среды и недостаточной смазки. В частности, в результате увеличения сил внутреннего трения между проволоками при движении через подъемные блоки и главные шкивы наблюдалось местное нагревание, усталость металла и обрыв волокон проволоки. В ходе исследования был проведен сравнительный анализ четырех различных состояний смазки стальных тросов - свежесмазанных, слабосмазанных, несмазанных и периодически подвергаемых капельной смазке. С помощью программы SolidWorks Simulation численно смоделированы напряжения, возникающие в канате, контактное давление, коэффициент трения и зоны износа. По результатам анализа установлено, что в несмазанном состоянии коэффициент трения увеличивается до 0,25, а интенсивность износа увеличивается в 3-4 раза. При использовании метода периодической капельной смазки наблюдалось снижение коэффициента трения на 50–60%, значительное снижение процесса износа и увеличение срока службы каната до 40–70%. Также в статье предложена конструктивная схема системы автоматической капельной смазки для подъемных канатов, оценены принцип ее работы, технические параметры и эксплуатационная эффективность. На основании полученных результатов научно обосновано, что внедрение системы постоянной смазки способствует повышению надежности, коэффициента технической готовности и общей производительности экскаватора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА Стальной трос, система смазки, капельная смазка, трение, износ, контактное давление, напряжение, цифровое моделирование, эксплуатационная надежность, техническое обслуживание.

REFERENCES

1. Toshov, J. B., Rabatuly, M., Khaydarov, S., Kenetayeva, A. A., Khamzayev, A., Usmonov, M., & Zheldikbayeva, A. T. (2026). Methods for analysis and improvement of dynamic loads on the steel wire rope holding the boom of steel wire rope excavators. Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra= Complex use of mineral resources, 339(4), 87-96.

2. Атакулов, Л. Н., Хайдаров, Ш. Б., Усмонов, М. З., & Элбеков, Ж. У. (2022). Theory of forces influencing the process of excavator bucket operation. In X Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной «Институт высоких технологий» актуальные проблемы урановой промышленности (pp. 24-26).

3. Buri Toshov, Akbar Khamzayev, Shaxlo Namozova. Development of a circuit for automatic control of an electric ball mill drive// AIP Conference Proceedings 2552, 040018 (2023);

4. Abduazizov Nabijon Azamatovich, Muzaffarov Amrillo, Toshow Jawahir Burievich, Juraev Rustam Umarxanoxich, Zhuraev Akbar Shavkatovich. (2020). A Complex of methods for analyzing the working fluid of a hydrostatic power plant for hydraulic mining machines. International Journal of Advanced Science and Technology, 29 (5s), 852 - 855.

5. Florea, V. A., & Toderaş, M. (2024). Efficiency of maintenance activities in aggregate quarries: a case study of wear parts on loaders and excavators. Applied Sciences, 14(17), 7649.

6. Malafeev, S. I., Novgorodov, A. A., & Konyashin, V. I. (2020, October). Bench tests of the quarry excavators main electric drives. In 2020 XI International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS) (pp. 1-5). IEEE.

7. Kryuchkov, A., & Serhiienko, M. (2025, March). The system of time characteristics and its influence on the excavation process in quarries. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1481, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.

8. Tytiuk, V., Khandakji, K., Sivyakova, G., Karabut, N., Chornyi, O., & Busher, V. (2021). Determining the parameters of the trajectory of the bucket of mining quarries excavators. In E3S Web of Conferences (Vol. 280, p. 05013). EDP Sciences.

9. Zhuraev, A.S., Turdiyev, S.A., Jurayev, S.T., Salimova, S.S.Q. Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of comparative analysis of experimental tests Vibroengineering Procedi., 2024, 54, страницы 252–257. https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051

10. Zokhidov, O.U.; Khoshimov, O. O.; Khalilov, Sh. Sh. Experimental analysis of microges installation for existing water flows in industrial plants. III International Conference on Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture (EESTE2023), E3S Web of Conferences, Volume 463, id.02023. October 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202346302023

11. Khamzaev Akbar, A., Toshov Buri, R., Niyetbayev Arislanbek, D. Improvement of soft starter circuit for high-voltage and high-power asynchronous motors. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2023, 12616, 126160U. https://doi.org/10.1117/12.2675694

12. Toirov, O., Pirmatov, N., Khalbutaeva, A., Jumaeva, D., Khamzaev, A. Method of calculation of the magnetic induction of the stator winding of a spiritual synchronous motor. E3S Web of Conferences., 2023, 401, 04033. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340104033

13. Khamzaev, A., Mambetsheripova, A., Nietbaev, A. Thyristor-based control for high-power and high-voltage synchronous electric drives in ball mill operations/ E3S Web Conf. Volume 498, 2024/ III International Conference on Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection (ICAPE2024) DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449801011

14. Akbar, K., Javokhir, T., Lazizjon, A.,Umidjon, K., Muhammad, I. Improvement of Soft-Start Method for High-Voltage and High-Power Asynchronous Electric Drives of Pumping Plants. AIP Conference Proceedings., 2024, 3152(1), 040006. https://doi.org/10.1063/5.0218899

15. Akbar, K., Sadovnikov, M., Toshov, B., Rakhmatov, B., Abdurakhmanov, U. Automation measures for mine fan installations. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering., 2024, 12986, 129860R. https://doi.org/10.1117/12.3017728

16. Mislibaev I.T., Makhmudov A.M., Makhmudov Sh.A. Theoretical generalisation of functioning modes and modelling of operational indicators of excavators. // Mining information-analytical bulletin. - 2021. №1. c. 102-110. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-102-110

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Haydarov Shokhidjon Baxriddinovich	— PhD, Associate Professor of the Department of Mining Electromechanics; Navoi State University of Mining and Technologies, 210100, Navoi, M. Tarobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: shohidh@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/**0009-0005-5661-3919**
Xamzayev Akbar Abdalimovich	— PhD, Associate Professor of the Department of Mining Electromechanics; Navoi State University of Mining and Technologies, 210100, Navoi, M. Tarobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail:akbar-86-86@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-4362-2488
Usmonov Maftunjon Zohidjon ugli	— Assistant Lecturer of the Department of Mining Electromechanics, PhD Candidate; Navoi State University of Mining and Technologies, 210100, Navoi, M. Tarobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: usmonovmaftunjon@gmail.com ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-0716-4775