

BIR CHO'MICHLI KARYER EKSKAVATORINI QIYALIK SHAROITIDA AVTOMATIK XAVFSIZLIK NAZORAT TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Xamzayev A.A., Usmonov M.Z.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O'zbekiston.

Doi: 10.5281/zenodo.21590939

ANNOTATSIIYA Mazkur maqolada EKG-10 turidagi bir cho'michli karyer ekskavatorining ishchi maydon qiyaligini nazorat qilish asosida avtomatik xavfsizlik blokirovka tizimini ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqilgan. Ekskavatorning qiya yuzalarda ishlashi natijasida yurish mexanizmlarida notekis yuklanishlar, gusenitsa elementlarida ortiqcha zo'riqishlar hamda ag'darilish xavfi yuzaga keladi. Tadqiqotda ikki o'qli inklinometr, xavfsizlik relesi va magnit kontaktorlar asosida qiyalik nazorati tizimi taklif etildi. Tizimda $\pm 3^\circ$ qiyalikda ogohlantirish signali, $\pm 5^\circ$ dan oshganda esa avtomatik blokirovka rejimi joriy etildi. Taklif etilgan tizim ekskavatorning ekspluatatsion xavfsizligini oshirish, mexanik elementlardagi ortiqcha yuklanishlarni kamaytirish va avariya holatlarning oldini olish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari EKG-10 ekskavatorlarida qiyalik nazorati tizimlarini qo'llash ishlab chiqarish xavfsizligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatdi.

KALIT SO'ZLAR Ekskavator, qiyalik nazorati, inklinometr, avtomatik blokirovka, xavfsizlik relesi, kon mashinalari, gusenitsa mexanizmi, ag'darilish xavfi, ekspluatatsion xavfsizlik, avtomatlashtirish.

Kirish

Ochiq kon ishlarida qo'llaniladigan bir cho'michli karyer ekskavatorlari yuqori unumdorligi va katta hajmdagi tog' jinslarini qazib olish imkoniyati bilan konchilik sanoatida muhim o'rin egallaydi. Jumladan, EKG-10 turidagi elektr yuritmalari karyer ekskavatorlari yirik karyerlarda keng qo'llanilib, uzluksiz va samarali ish jarayonini ta'minlaydi. Ushbu ekskavatorlar katta massaga, murakkab metall konstruksiyaga va baland og'irlik markaziga ega bo'lgani sababli ularning ishlash sharoitida xavfsizlik masalasi alohida ahamiyat kasb etadi.

Karyer sharoitida ish maydonlarining notekis yoki ma'lum darajada qiya bo'lishi ekskavatorning yurish mexanizmlariga qo'shimcha yuklanishlar ta'sir etishiga olib keladi. Natijada gusenitsa zvenolarida notekis kuchlanishlar hosil bo'ladi, platforma turg'unligi pasayadi hamda ag'darilish xavfi ortib boradi. Ayniqsa, ekskavatorning cho'michi to'liq yuklangan holatda yoki strela maksimal chiqarilgan vaziyatda ishlashi xavfli holatlarni keltirib chiqarishi mumkin [1-2].

Amalda EKG-10 ekskavatorlari uchun ishchi maydon qiyaligi ma'lum me'yorlar doirasida bo'lishi talab etiladi. Qiyalikning ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketishi yurish mexanizmlari elementlarining tez yeyilishiga, metall konstruksiyalarda charchash deformatsiyalarining yuzaga kelishiga va ekspluatatsion ishonchlilikning pasayishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun ekskavatorning ishlash holatini doimiy ravishda nazorat qilish va xavfli qiyalik yuzaga kelganda avtomatik himoya tizimlarini qo'llash dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda sanoatda turli xil xavfsizlik tizimlari qo'llanilayotgan bo'lsa-da, karyer ekskavatorlarida qiyalik nazorati asosida avtomatik blokirovka tizimlarini joriy etish yetarli darajada tadqiq qilinmagan. Ayniqsa, EKG-10 ekskavatorlari uchun ishonchli, sodda va sanoat sharoitiga mos avtomatik nazorat tizimlarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega [3].

Mazkur tadqiqot ishining maqsadi EKG-10 karyer ekskavatori uchun ishchi maydon qiyaligini nazorat qiluvchi hamda xavfli holatlarda mexanizmlarni avtomatik ravishda bloklovchi xavfsizlik tizimini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda ikki o'qli inklinometr, xavfsizlik relesi va magnit kontaktorlar asosida avtomatik blokirovka tizimi taklif etildi hamda uning ishlash prinsipi tahlil qilindi.

Adabiyotlar tahlili

Karyer ekskavatorlarining ekspluatatsion xavfsizligini oshirish, yurish mexanizmlarida hosil bo'ladigan zo'riqishlarni kamaytirish hamda avariya holatlarning oldini olish masalalari konchilik mashinasozligi sohasidagi muhim ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, yirik quvvatli EKG turidagi ekskavatorlarning og'ir ekspluatatsion sharoitlarda ishlashi ularning konstruktiv elementlarida yuqori darajadagi mexanik yuklanishlar hosil qiladi.

Bir qator ilmiy tadqiqotlarda karyer ekskavatorlarining turg'unligi va ishonchlilik masalalari ko'rib chiqilgan. Olib borilgan tadqiqotlarda karyer ekskavatorlarining yurish mexanizmlarida yuklanishlarning notekis taqsimlanishi gusenitsa elementlarining tez yeyilishiga olib kelishi ta'kidlangan. Qiya ishchi

maydonlarda ekspluatatsiya qilish metall konstruksiyalarda charchash deformatsiyalarini kuchaytirishini qayd etgan [6].

Ochiq kon mashinalarining ishonchliligi va xavfsizligi tahlil qilinib, ekskavatorning og'irlik markazi o'zgarishi uning turg'unligiga bevosita ta'sir qilishi ko'rsatilgan. Tadqiqotlarda qiyalik burchagi ortishi bilan ag'darilish momenti ham keskin oshib borishi ilmiy asoslangan [4].

Shuningdek, bir qator tadqiqotlarda ekskavatorlarning yurish mexanizmlarida hosil bo'ladigan kuchlanishlarni aniqlash uchun SolidWorks Simulation, ANSYS va boshqa FEM (Finite Element Method) dasturlaridan foydalanilgan. Ushbu ishlar natijalariga ko'ra, gusenitsa zvenolari, barmoqlar va vtulkalar eng katta kontakt kuchlanishlari hosil bo'ladigan elementlar hisoblanadi.

So'nggi yillarda sanoat xavfsizligi sohasida avtomatlashtirilgan nazorat tizimlarini qo'llashga katta e'tibor qaratilmoqda. Xususan, inklinometrlar asosida ishlovchi qiyalik nazorati tizimlari qurilish texnikasi, kranlar va mobil mashinalarda keng qo'llanilmoqda. ISO 13849 va IEC 61508 xalqaro standartlarida xavfsizlikka oid boshqaruv tizimlarining ishonchliligi va fail-safe prinsiplari belgilangan [8].

Biroq mavjud tadqiqotlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, EKG-10 turidagi karyer ekskavatorlarida qiyalik nazorati asosida avtomatik blokirovka tizimlarini joriy qilish masalasi yetarli darajada o'rganilmagan. Aksariyat ishlar mexanik hisoblashlar yoki umumiy xavfsizlik masalalari bilan cheklangan bo'lib, real vaqt rejimida qiyalikni nazorat qilish va xavfli holatlarda avtomatik blokirovka qilish algoritmlari to'liq tadqiq etilmagan.

Shu munosabat bilan mazkur tadqiqotda EKG-10 ekskavatori uchun inklinometr asosida ishlovchi avtomatik qiyalik nazorati va xavfsizlik blokirovka tizimini ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqildi.

Materiallar va metodlar.

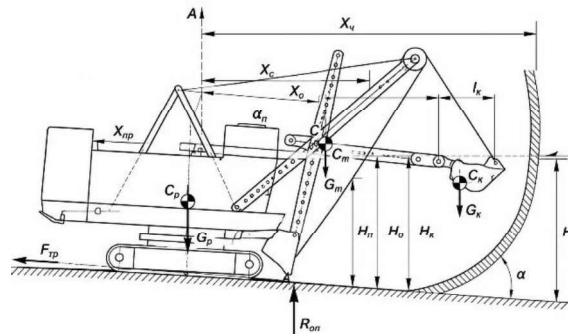
Tadqiqot obyekti sifatida ochiq kon ishlarida keng qo'llaniladigan EKG-10 turidagi bir cho'michli elektr karyer ekskavatori tanlandi. Ushbu ekskavator yuqori ish unumdorligi, katta yuk ko'tarish qobiliyati va murakkab ekspluatatsion sharoitlarda ishlashi bilan tavsiflanadi. Ekskavatorning asosiy texnik parametrlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

EKG-10 ekskavatorining asosiy texnik parametrlari

Parametr	Qiymati
Ekskavator massasi	410 t
Cho'mich hajmi	10 m ³
Yurish mexanizmi	Gusenetsali
Yurish tezligi	0.7 km/soat
Elektr yuritma quvvati	2×90 kVt
Maksimal qazish radiusi	14.5 m

Tadqiqot jarayonida ekskavatorning ishchi maydon qiyaligi ta'sirida yuzaga keladigan mexanik yuklanishlar va xavfli holatlar tahlil qilindi. Qiyalik burchagining ortishi natijasida yurish mexanizmlarida hosil bo'ladigan qo'shimcha kuchlar aniqlandi hamda ularning ekskavator turg'unligiga ta'siri baholandi (1-rasm).



1-rasm. Ekskavator ish joyining burchak ostida joylashuvida muvozanat holatining o'zgarish sxemasi

Qiyalikda ekskavatorga ta'sir qiluvchi qo'shimcha kuch quyidagi (1) ifoda orqali aniqlandi:

$$F = G \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

F - qiyalik ta'sirida hosil bo'ladigan qo'shimcha kuch, N;

G - ekskavator og'irligi, N;

α - ishchi maydon qiyaligi burchagi.

EKG-10 ekskavatori uchun umumiy og'irlik quyidagicha hisoblandi:

$$G = 410000 \cdot 9.81 = 4.02 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Qiyalik burchagi 3° - 5° qiyalikda hosil bo'ladigan qo'shimcha kuchlar quyidagicha bo'ladi:

$$F_3 = 4.02 \cdot 10^6 \cdot \sin 3^\circ = 210 \text{ kN}$$

$$F_5 = 4.02 \cdot 10^6 \cdot \sin 5^\circ = 350 \text{ kN}$$

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, qiyalik ortishi bilan yurish mexanizmlarida sezilarli darajada qo'shimcha yuklanishlar hosil bo'lishini ko'rsatdi.

Tadqiqotda ekskavatorning ishchi maydon qiyaligini avtomatik nazorat qilish uchun ikki o'qli inklinometr asosida ishlovchi xavfsizlik tizimi taklif etildi. Tizim quyidagi asosiy elementlardan tashkil topdi:

- ikki o'qli inklinometr;
- xavfsizlik relesi;
- magnit kontaktorlar;
- signal lampalari;
- ovozli signalizatsiya;
- qayta ishga tushirish tugmasi.

Inklinometr ekskavator platformasining old-orqa va chap-o'ng qiyalik burchaklarini real vaqt rejimida o'lchaydi. Sensordan kelgan signal xavfsizlik relesiga uzatiladi. Qiyalik belgilangan chegaradan oshganda rele kontaktlari orqali yurish mexanizmi va ayrim ishchi mexanizmlar avtomatik bloklanadi.

Taklif etilgan tizim uchta asosiy ish rejimida ishlaydi:

1. Normal ish rejimi quyidagi (2) ifodadi shartga mos bo'lishi kerak.

$$|\alpha| \leq 3^\circ \quad (2)$$

Ekskavator barcha mexanizmlari odatiy rejimda ishlaydi.

2. Ogohlantirish rejimi (3) ifodagi shart bo'yicha bo'lishi kerak.

$$3^\circ < |\alpha| \leq 5^\circ \quad (3)$$

Sariq signal lampasi va ovozli signalizatsiya ishga tushadi.

3. Avariyaaviy blokirovka rejimi esa (4) ifodadagi shartga mos bo'lishi kerak.

$$|\alpha| > 5^\circ \quad (4)$$

Quyidagi mexanizmlar avtomatik bloklanadi:

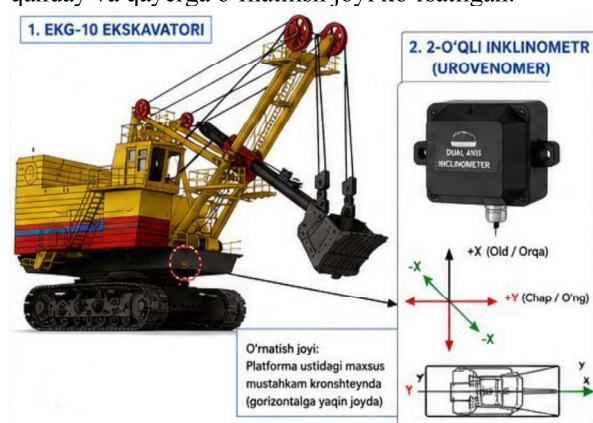
- yurish mexanizmi;
- platforma aylanishi;
- strela ko'tarilishi;
- cho'mich harakati.

Tizim fail-safe prinsipi asosida ishlaydi, ya'ni sensor yoki elektr ta'minotida nosozlik yuzaga kelganda mexanizmlar xavfsiz holatga o'tadi.

Natijalar va natijalar muhokamasi

Tadqiqot natijalariga ko'ra, EKG-10 ekskavatorining ishchi maydon qiyaligi ortishi bilan yurish mexanizmi, gusenitsa zanjiri va aylanuvchi platformaga ta'sir etuvchi qo'shimcha yuklanishlar sezilarli darajada oshishi aniqlandi. Ayniqsa, qiyalik burchagi 5° dan yuqori bo'lganda ekskavatorning turg'unligi pasayib, yurish mexanizmlarida notekis kuchlanishlar hosil bo'ladi.

Hisoblash natijalari shuni ko'rsatdiki, EKG-10 ekskavatorining umumiy og'irligi taxminan 4,02 MN ni tashkil etadi. Ishchi maydon qiyaligi 5° bo'lganda qiyalik yo'nalishida hosil bo'ladigan qo'shimcha kuch taxminan 350 kN ga teng bo'ladi. Bu kuch gusenitsa zvenolari, barmoqlar, vtulkalar va tayanch roliklariga qo'shimcha ta'sir ko'rsatib, ularning yeyilishini tezlashtiradi. Quyidagi 2-rasmda ekskavator platformasiga ikki o'qli inklinometrni qanday va qayerga o'rnatilish joyi ko'rsatilgan.



2-rasm. Ekskavator platformasiga ikki o'qli inklinometrni o'rnatilish joyi sxemasi

Taklif etilgan avtomatik qiyalik nazorati tizimi uchun uch bosqichli ishlash algoritmi ishlab chiqildi. Qiyalik burchagi $0-3^\circ$ oralig'ida bo'lganda ekskavator normal ish rejimida faoliyat yuritadi.

Qiyalik 3° dan 5° gacha oshganda operatorga yorug'lik va ovozli signal orqali ogohlantirish beriladi. Qiyalik 5° dan oshganda esa xavfsizlik releli orqali yurish mexanizmi va asosiy ishchi mexanizmlar avtomatik ravishda bloklanadi.

2-jadval

Qiyalik burchagiga bog'liq holda tizimning ishlash natijalari

Qiyalik burchagi	Tizim holati	Bajariladigan amal
$0-3^\circ$	Normal ish rejimi	Ekskavator mexanizmlari odatiy ishlaydi
$3-5^\circ$	Ogohlantirish rejimi	Signal lampasi va sirena ishga tushadi
$>5^\circ$	Avariyaaviy blokirovka	Yurish va ayrim ishchi mexanizmlar bloklanadi

Tizimning funksional sxemasi tahlili shuni ko'rsatdiki, ikki o'qli inklinometr ekskavator platformasining old-orqa va chap-o'ng qiyalik burchaklarini real vaqt rejimida aniqlash imkonini beradi. Bu esa faqat bir yo'nalishdagi emas, balki umumiy fazoviy qiyalik holatini baholashga sharoit yaratadi.

Natijada quyidagi texnik samaralarga erishish mumkinligi aniqlandi:

- ekskavatorning xavfli qiyalikda ishlashining oldi olinadi;
- yurish mexanizmlarida notekis yuklanishlar kamayadi;
- gusenitsa elementlarining xizmat muddati oshadi;
- ag'darilish xavfi pasayadi;
- operator xavfsizligi ta'minlanadi;
- avariyaaviy to'xtash holatlarining oldi olinadi.

Shuningdek, tizimda fail-safe prinsipi qo'llanilgani sababli sensor yoki elektr zanjirida nosozlik yuzaga kelganda mexanizmlar xavfsiz holatga o'tadi. Bu esa avtomatik blokirovka tizimining ishonchliligini oshiradi.

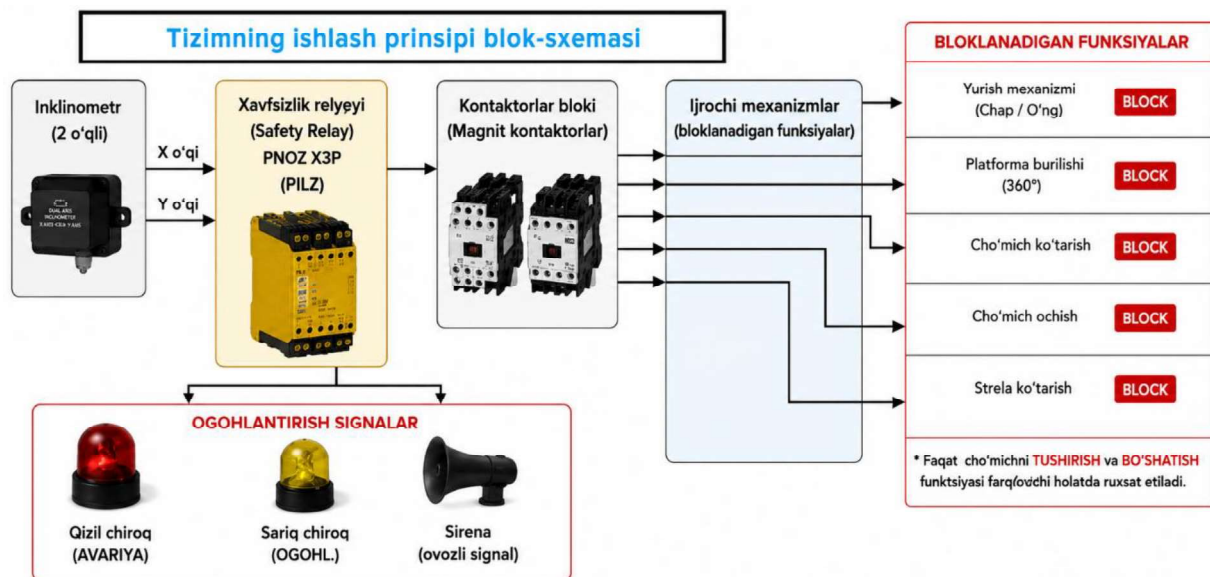
Umuman olganda, olingan natijalar EKG-10 ekskavatorida qiyalik nazoratiga asoslangan avtomatik xavfsizlik blokirovka tizimini joriy etish ekspluatatsion xavfsizlikni oshirish va mexanik elementlardagi ortiqcha yuklanishlarni kamaytirishda samarali yechim ekanligini ko'rsatdi.

Olib borilgan tadqiqot natijalari EKG-10 ekskavatorining ishchi maydon qiyaligi uning ekspluatatsion xavfsizligi va yurish mexanizmlari ishonchliligiga bevosita ta'sir qilishini ko'rsatdi. Qiyalik burchagi ortishi bilan ekskavator massasining ma'lum qismi qiyalik bo'ylab yo'nalgan qo'shimcha kuch hosil qilishi aniqlandi. Bu esa gusenitsa mexanizmlarida yuklanishlarning notekis taqsimlanishiga sabab bo'ladi.

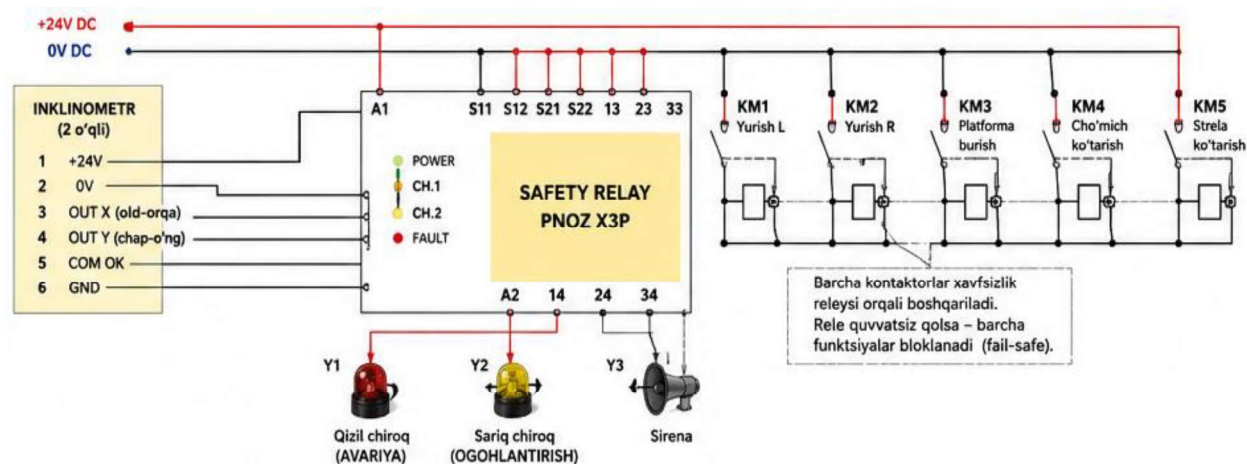
Hisoblash natijalariga ko'ra, 5° qiyalikda ekskavatorga ta'sir qiluvchi qo'shimcha kuch

taxminan 350 kN ni tashkil qildi va 3° qiyalikda esa 210 kN kuch ta'sir qilishi aniqlandi. Bundan ko'rinib turibdiki qiyalik ortishi bilan hosil bo'lgan qo'shimcha yuklanish ayniqsa, gusenitsa zvenolari,

venetsli shesternyalar va vtulkalar, tayanch rolıklar, yurish ramasi elementlarida yuqori kuchlanishlar hosil qilishi mumkin ekanligini ko'rsatdi.



3-rasm. Ekskavator qiyalik nazorati va avtomatik blokirovka tizimi ko'rinishi



4-rasm. Qiyalik nazorati va avtomatik blokirovkalash tizimi elektr ta'minoti sxemasi

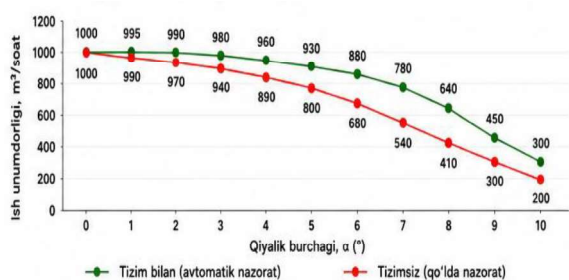
3-rasmda qiyalikni nazorat qilish va avtomatik tarzda blokirovka qilish tizimining ko'rinishi tasvirlangan.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, qiyalik burchagi ortishi bilan yurish mexanizmining bir tomonida kontakt bosimi ortib, ikkinchi tomonida kamayib boradi. Natijada ekskavatorning turg'unligi pasayadi hamda ag'darilish xavfi yuzaga keladi. Ayniqsa, strela maksimal chiqarilgan yoki cho'mich to'liq yuklangan holatlarda og'irlik markazining siljishi xavfli holatni yanada kuchaytiradi.

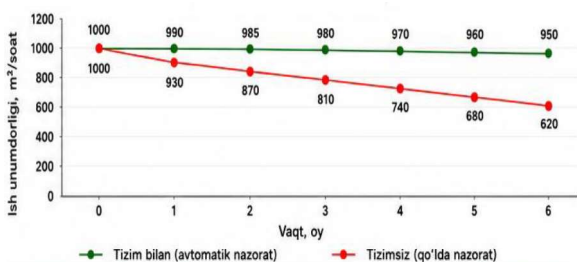
Taklif etilgan avtomatik qiyalik nazorati tizimi tahlili shuni ko'rsatdiki, ikki o'qli inklinometr orqali platformaning real vaqt rejimidagi holatini yuqori aniqlikda nazorat qilish mumkin. 4-rasmda qiyalik nazorati va avtomatik blokirovkalash tizimi elektr

ta'minoti sxemasi keltirilgan bo'lib, tizimda $\pm 3^\circ$ qiyalikda ogohlantirish rejimi joriy qilinishi operatorga xavfli holat yuzaga kelayotgani haqida oldindan ma'lumot berish imkonini yaratadi. Bu esa profilaktik choralar ko'rish imkonini oshiradi.

Quyidagi 5- va 6- rasmlarda ekskavator ish unumdorligini qiyalik burchagiga bog'liq ravishda va vaqt bo'yicha o'zgarishi (6 oylik ekspluatatsiya misolida) ko'rsatilgan. 5- va 6- rasmlardagi grafiklardan shuni ko'rish mumkin, avtomatik qiyalik nazoratini o'rnatish natijasida ekskavator ish unumdorligini 15-60% gacha yuqori darajada saqlab qolinadi.



5-rasm. Ekskavator ish unumdorligini qiyalik burchagiga bog'liqlik grafigi.



6-rasm. Ekskavator ish unumdorligini vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi.

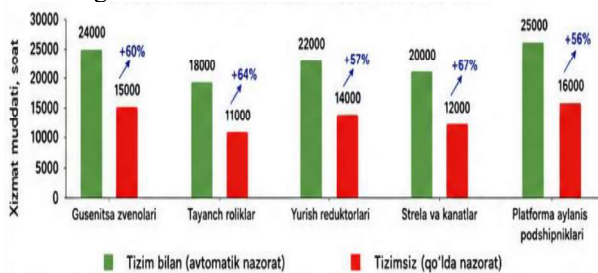
Qiyalik burchagi $\pm 5^\circ$ dan oshganda avtomatik blokirovka rejimi ishga tushishi esa avariya holatlarning oldini olishda muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Tizim orqali yurish mexanizmi, aylanish platformasi va ayrim ishchi mexanizmlarni avtomatik to'xtatish ekskavatorning xavfli holatda ishlashini cheklaydi.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan tizim quyidagi ustunliklarga ega:

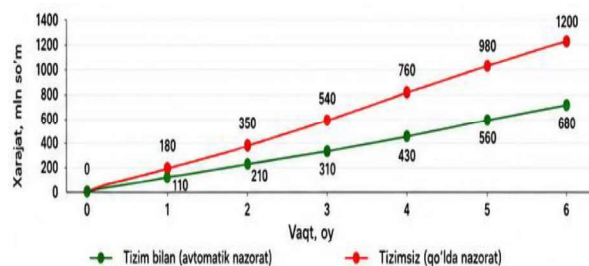
- konstruksiyaning nisbatan soddaligi;
- sanoat sharoitida ishonchli ishlashi;
- ekspluatatsiya xarajatlarining kamligi;
- operator xavfsizligini oshirishi;
- mexanizmlar xizmat muddatini uzaytirishi.

Shu bilan birga, tizimda fail-safe prinsipining qo'llanilishi uning ishonchligini yana-da oshiradi. Ya'ni sensor yoki elektr ta'minotida nosozlik yuzaga kelganda mexanizmlar avtomatik ravishda xavfsiz holatga o'tadi.

Quyidagi 7- va 8- rasmlarda ekskavator asosiy qismlarining xizmat muddatining vaqt bo'yicha o'zgarish diagrammasi va jami xizmat ko'rsatish xarajatlarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi ko'rsatilgan.



7-rasm. Ekskavator asosiy qismlarining xizmat muddatining vaqt bo'yicha o'zgarish diagrammasi



8-rasm. jami xizmat ko'rsatish xarajatlarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi

7- rasmdagi diagrammadan ko'rinib turibdiki, avtomatik qiyalik nazoratini o'rnatish natijasida ekskavator asosiy qismlarining xizmat muddati 56-67% gacha oshganini ko'rsatmoqda.

8-rasmda keltirilgan garfikdan shuni ko'rish mumkin, ya'ni 6 oylik ekspluatatsiya natijalariga asosan jami xizmat ko'rsatish xarajatlari 43% ga kamayishiga erishildi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari EKG-10 ekskavatorlarida qiyalik nazorati asosida avtomatik xavfsizlik blokirovka tizimini joriy qilish ishlab chiqarish xavfsizligini oshirish, avariya holatlarini kamaytirish va yurish mexanizmlari elementlarining resursini uzaytirishda samarali texnik yechim ekanligini ko'rsatdi.

Xulosa va takliflar

Olib borilgan tadqiqot natijalari asosida EKG-10 turidagi karyer ekskavatorlarida ishchi maydon qiyaligini nazorat qilish ekspluatatsion xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Qiyalik burchagining ortishi yurish mexanizmlarida notekis yuklanishlar hosil qilishi, gusenitsa elementlarida ortiqcha kuchlanishlarni keltirib chiqarishi hamda ekskavator turg'unligini pasaytirishi tadqiqot davomida o'z isbotini topdi.

Hisoblash natijalariga ko'ra, EKG-10 ekskavatori 5° qiyalikda ishlaganda yurish mexanizmiga taxminan 350 kN qo'shimcha kuch ta'sir qilishi aniqlandi. Bu holat gusenitsa zvenolari, tayanch rolklar va metall konstruksiyalarda tez yeyilish hamda charchash deformatsiyalarining yuzaga kelish ehtimolini oshiradi.

Tadqiqot jarayonida ikki o'qli inklinometr, xavfsizlik relesi va magnit kontaktorlar asosida avtomatik qiyalik nazorati tizimi ishlab chiqildi. Taklif etilgan tizimda, $\pm 3^\circ$ qiyalikda ogohlantirish rejimi va $\pm 5^\circ$ qiyalikda avtomatik blokirovka rejimi joriy etildi.

Ishlab chiqilgan tizim:

- ekskavatorning xavfli qiyalikda ishlashini cheklaydi;
- ag'darilish xavfini kamaytiradi;
- yurish mexanizmlari resursini oshiradi;
- operator xavfsizligini ta'minlaydi;
- aylanish platformasi tez yeyilishini oldini oladi;
- avariya holatlarning oldini oladi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflar berildi:

1. EKG turidagi karyer ekskavatorlarida qiyalik nazorati tizimlarini majburiy joriy etish maqsadga muvofiq.

2. Ishchi maydon qiyaligi 3° dan oshmasligini ta'minlash uchun karyer maydonlarini muntazam geodezik nazorat qilish tavsiya etiladi.

3. Ekskavatorlarda ikki o'qli inklinometr asosida ishlovchi avtomatik blokirovka tizimlarini qo'llash ekspluatatsion xavfsizlikni oshiradi.

4. Tizimni PLC va SCADA texnologiyalari bilan integratsiya qilish orqali masofaviy monitoring va diagnostika imkoniyatlarini yaratish mumkin.

Umuman olganda, taklif etilgan avtomatik qiyalik nazorati va xavfsizlik blokirovka tizimi EKG-10 ekskavatorlarining ishonchli va xavfsiz ekspluatatsiyasini ta'minlashda samarali texnik yechim hisoblanadi.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC SAFETY CONTROL SYSTEM FOR A SINGLE-BUCKET QUARRY EXCAVATOR ON A SLOPE

Xamzayev A.A., Usmonov M.Z.

Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

ABSTRACT

This article examines the development of an automatic safety locking system for the EKG-10 type single-bucket quarry excavator based on monitoring the slope of the working area. As a result of the excavator operating on inclined surfaces, uneven loads on the running mechanisms, excessive strain on the crawler elements, and a risk of overturning occur. The study proposed a slope control system based on a two-axis inclinometer, a safety relay, and magnetic contactors. A warning signal was implemented in the system at an inclination of $\pm 3^\circ$, and an automatic blocking mode was implemented when exceeding $\pm 5^\circ$. The proposed system allows for increasing the operational safety of the excavator, reducing overload on mechanical elements, and preventing emergency situations. The research results showed that the use of slope control systems on EKG-10 excavators significantly increases production safety.

KEYWORDS

Excavator, slope control, inclinometer, automatic blocking, safety relay, mining machines, crawler mechanism, overturning hazard, operational safety, automation.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА ПРИ РАБОТЕ НА УКЛОНАХ

Хамзаев А.А., Усмонов М.З.

Навоийский государственный горно-технологический университет

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается вопрос разработки системы автоматической блокировки безопасности одноковшового карьерного экскаватора типа ЭКГ-10 на основе контроля уклона рабочего поля. В результате работы экскаватора на наклонных поверхностях возникают неравномерные нагрузки на ходовые механизмы, избыточные нагрузки на элементы гусеницы и риск опрокидывания. В исследовании была предложена система контроля уклона на основе двухосного инклинометра, реле безопасности и магнитных контакторов. В системе введен режим предупреждения при уклоне $\pm 3^\circ$ и автоматической блокировки при превышении $\pm 5^\circ$. Предложенная система позволяет повысить эксплуатационную безопасность экскаватора, снизить избыточную нагрузку на механические элементы и предотвратить аварийные ситуации. Результаты исследований показали, что применение систем контроля откосов на экскаваторах ЭКГ-10 значительно повышает безопасность производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Экскаватор, контроль уклона, инклинометр, автоматическая блокировка, реле безопасности, горные машины, гусеничный механизм, опасность опрокидывания, эксплуатационная безопасность, автоматизация.

REFERENCES

1. 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>
2. 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>
3. 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.
4. 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).
5. 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
6. 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>
7. 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>
8. 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>
9. 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);
10. Abduazizov Nabijon Azamatovich, Muzaffarov Amrillo, Toshov Jawahir Burievich, Juraev Rustam Umarxanovich, 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Tytiuk, V., Khandakji, K., Sivyakova, G., Karabut, N., Chorny, 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.
15. 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>
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. с. 102-110. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-102-110

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Xamzayev Akbar Abdalimovich – Associate Professor of the Department of Mining Electromechanics, PhD; Navoi State University of Mining and Technologies, 72 M. Torobiy Street, Navoi, 210100, Uzbekistan. E-mail: akbar-86-86@mail.ru
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-4362-2488>

Usmonov Maftunjon Zohidjon o'g'li – Assistant of the Department of Mining Electromechanics, PhD Student; Navoi State University of Mining and Technologies, 72 M. Torobiy Street, Navoi, 210100, Uzbekistan. E-mail: usmonovmaftunjon@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0716-4775>

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДВУХВАЛЬНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

¹Бобожанов М.К., ²Рисмухамедов Д.А., ¹Туйчиев Ф.Н., Розметов Х.Э., Маткаримов С.К.

¹Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан;

²Алмалыкский государственный технический институт, Алмалык, Узбекистан

³Ургенчский государственный университет, Узбекистан

Doi: 10.5281/zenodo.21591162

АННОТАЦИЯ В данной статье приведена информация о возможности модернизации электропривода двухвальных смесителей путём применения двухскоростных асинхронных двигателей с полюсопереключаемыми обмотками. Проведён анализ существующих конструкций и режимов работы двухвальных смесителей и предложена новая циклограмма технологического процесса работы. Использование второй скорости для облегчения процесса пуска и получения пробы смеси позволяет упростить технологический процесс и достичь экономии электроэнергии, время продолжения цикла уменьшается на 7 минут. Экономия электроэнергии за один год составляет 2773,51 кВт·час, удельный расход энергии на единицу продукции уменьшается на 20 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА двухвальный смеситель, полюсопереключаемая обмотка, циклограмма работы смесителя, экономия электроэнергии, объём изготовления смеси, удельный расход электроэнергии на единицу продукции.

ВВЕДЕНИЕ

Модернизация двухвальных смесителей является актуальной задачей, так как это необходимо для повышения однородности смеси, сокращения времени замеса, снижения энергопотребления, улучшения качества конечного продукта и адаптации к сложным материалам.

Усовершенствование двухвальных смесителей связано с повышением интенсивности и качества смешивания, снижением энергозатрат за счет оптимизации рабочих органов, внедрения трехмерного принципа перемешивания (радиальное и осевое), что сокращает время процесса и улучшает однородность продукта.

Основными направлениями совершенствования двухвальных смесителей являются улучшение конструкции рабочих органов, внедрение концепции трехмерного смешивания, повышение энергоэффективности, производительности и качества [1-4].

Повышение энергоэффективности включает в себя снижение потребления энергии, где благодаря более эффективному перемешиванию достигается тот же результат при меньших затратах энергии, а также оптимизацию привода путём совершенствования приводов рабочих органов для снижения потерь и повышения КПД.

Двухскоростные асинхронные двигатели могут быть применены на приводе двухвальных смесителей с целью обеспечения разных режимов работы: низкую скорость для интенсивного перемешивания или запуска с полным бункером и высокую — для более легких смесей или ускорения процесса, используя полюсопереключаемые обмотки (ППО) для создания двух фиксированных скоростей без частотных преобразователей, что упрощает управление и повышает надежность для специфичных задач, требующих дискретного изменения режимов. Асинхронные двигатели отличаются простотой конструкции и устойчивостью к перегрузкам, что очень важно