QALMOQQIR KONI SHAROITIDA EKG EKSKAVATORLARINING ISHLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI QO‘LLASH

Madaliyev O. X.

Olmaliq davlat texnika instituti

E-mail: madaliyevo518@gmail.com

Numonov X. N.

Olmaliq davlat texnika instituti

numonovx17@gmail.com

Annotatsiya. *Ushbu maqolada tog‘-kon sanoatida, xususan, tarkibida kvars miqdori yuqori bo‘lgan Qalmoqqir koni sharoitida ishlayotgan EKG rusumli ekskavatorlarning asosiy ishchi qismlari xizmat muddatini uzaytirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Maqolada ko‘p tolali po‘lat arqonlarning fretting-korroziyaga uchrash muammolari va ularni polimer to‘ldirilgan (EPI) arqonlar bilan almashtirishning afzalliklari asoslangan. Shuningdek, arqonlar holatini onlayn nazorat qilish uchun MRT (Magnetic Rope Testing) datchiklarini amaldagi ASUGTK tizimiga integratsiya qilish g‘oyasi hamda ekskavator cho‘michi tishlarining chidamliligini oshirishda bimetal, qattiq qotishmali qoplash (hardfacing) va ultra-past haroratli (kriogen) ishlov berish texnologiyalarini mahalliy ishlab chiqarish MTMZ (Markaziy ta’mirlash-mexanika zavodi) sharoitida joriy etish imkoniyatlari iqtisodiy va texnik jihatdan tahlil qilingan.*

Kalit so‘zlar: *EKG ekskavator, polimer to‘ldirilgan arqon (EPI), MRT datchigi, ASUGTK integratsiyasi, bimetal tish, kriogen ishlov berish.*

KIRISH

Zamonaviy tog‘-kon sanoatida ekskavator-avtosamosval majmualarining uzluksiz va samarali ishlashi korxonaning umumiy unumdorligini hamda uskunaning umumiy samaradorlik koeffitsiyentini (OEE — Overall Equipment Effectiveness) belgilovchi asosiy omildir. Biroq, Qalmoqqir koni kabi abrazivligi o‘ta yuqori, tarkibida kvars moddasi (silitsium dioksid — SiO_2) ko‘p bo‘lgan tog‘ jinslarini qazib olish jarayonida EKG ekskavatorlarining ishchi organlari va yuk ko‘tarish tizimlari ekstremal mexanik kuchlanishlarga duchor bo‘ladi.

Hozirgi kunda qo‘llanilayotgan an'anaviy ekspluatatsiya usullari va materiallari ushbu yuqori dinamik yuklamalarga uzoq muddat bardosh bera olmayapti. Bu esa rejasiz to‘xtashlar (prostoy), ta'mirlash xarajatlarining ortishi va ishlab chiqarish unumdorligining pasayishiga olib kelmoqda. Mazkur muammolarni bartaraf etish uchun materialshunoslikning eng so‘nggi yutuqlari (plastik infiltratsiyalangan metall konstruksiyalar), raqamli monitoring (magnit-rezonans skanerlash) va innovatsion termik ishlov berish (ultra-past haroratli struktura muvozanati) usullarini tizimli ravishda integratsiya qilish talab etiladi.

1. ADABIYOTLAR TAHLILI VA MUAMMONING QO‘YILISHI

Po‘lat sim arqonlarning ekspluatatsiya sharoitidagi charchash muammolari ko‘plab xalqaro tadqiqotlarda o‘rganilgan. Xususan, Polsha olimlari B. Kubis, G. Olszyna, P. Szade va A. Tytkolarning ilmiy ishlarida ta'kidlanishicha, po‘lat arqonlarning charchash umriga simlarning o‘zaro chiziqli va yuzaviy kontaktlari, shuningdek, ishqalanish koeffitsiyenti bevosita ta'sir ko‘rsatadi. Konchilik sharoitida sim arqonlar faqat statik cho‘zilish emas, balki blok va barabanlar ustidan o‘tayotganda tebranuvchi egilish kuchlanishlariga ham uchraydi. B. Kubis va hammualliflarining

ta'kidlashicha, an'anaviy arqonlarda simlar o‘rtasidagi chiziqli kontakt tufayli ichki ishqalanish kuchli bo‘ladi va bu charchash jarayonini tezlashtiradi.

Zichlashtirilgan (compacted) arqonlar ishlab chiqarilganda simli tutamlar (konstruktiv elementlar) radial yo‘nalishda siqiladi. Simli tutamning zichlashish darajasi (strain) quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$Z = \frac{S_o - S_k}{S_o - S_{min}} \cdot 100\%$$

Bu yerda:

- S_o — simli tutam atrofida chizilgan doira maydoni (mm^2),
- S_k — zichlashtirishdan keyingi simli tutam ko‘ndalang kesimi (mm^2),
- S_{min} — to‘liq siqilgunga qadar erishish mumkin bo‘lgan minimal simli tutam ko‘ndalang kesimi (mm^2).

Ushbu formula asosida zichlashtirilgan arqonlarda simlar yuzaviy (maydonli) kontaktga o‘tadi, bu esa kuchlanishning bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydi va ichki ishqalanishni kamaytiradi. Ammo ochiq kon sharoitida abraziv chang zarrachalarining arqon ichiga kirishi ushbu afzallikni yo‘qqa chiqarishi mumkin. Shuning uchun muammoning innovatsion yechimi sifatida polimer to‘ldirilgan (EPI) konstruksiyalarni qo‘llash zarurati yuzaga keladi.

2. PO‘LAT ARQONLARNING ICHKI STRUKTURASI VA POLIMER TO‘LDIRILGAN (EPI) ARQONLARNING AFZALLIKLARI

Tashqi ko‘rinishidan o‘ta zich va monolit bo‘lib ko‘ringan ko‘p tolali po‘lat arqonlar (masalan, EKG ekskavatorlarida keng qo‘llaniladigan 6x36 yoki 8x36 konstruksiyalari) murakkab ichki metallurgik arxitekturaga ega. Ular to‘rtta asosiy komponentdan iborat: markaziy o‘zak (metall yoki tolali), asosiy tola tutamlari (pryadlar), tutamlararo mikro-bo‘shliqlar va zavod moyi.

Ekskavator cho‘michi yuk ko‘tarayotganda va strela roliklaridan o‘tayotganda arqon yuqori siklik egilish dinamikasiga duchor bo‘ladi. Ushbu siklik yuklama ostida arqon tutamlari orasidagi mikro-bo‘shliqlar doimiy ravishda siqiladi va kengayadi. Natijada qo‘shni po‘lat simlar bir-biri bilan mikrosilkinish rejimida kontaktga kirishadi. Bu mexanik hodisa ilm-fanda **fretting-korroziya** (ishqalanishli korroziya va mikro-yeyilish) deb ataladi. Fretting-korroziya po‘lat sim yuzasida mikroyoriqlarni hosil qiladi. Ushbu yoriqlar tashqi muhitga ko‘rinmasdan, arqon o‘zagiga qarab rivojlanib boradi va yakunda arqonning to‘satdan, avariyaviy uzilishiga sabab bo‘ladi.

Polimer to‘ldirilgan (EPI — Plastic Infused) arqonlar texnologiyasi ushbu muammoni tubdan hal etadi. Zavod sharoitida maxsus ekstruder moslamasi yordamida yuqori bosim ostida polimerizatsiyalangan plastik massa (asosan yuqori zichlikdagi poliuretan yoki maxsus plastmassa) arqon o‘zagi va tashqi tutamlari orasidagi barcha bo‘shliqlarga ineksiya qilinadi. Polimer matritsa quyidagi funksiyalarni bajaradi:

1. Simlar va tutamlar o‘rtasidagi to‘g‘ridan-to‘g‘ri metall-metall kontaktini butunlay yo‘q qiladi va ichki ishqalanish kuchlanishlarini amortizatsiya qiladi.
2. Ichki zavod moyining gidrodinamik bosim ostida tashqariga sizib chiqib ketishini to‘sadi va doimiy moylanish muhitini saqlaydi.
3. Qalmoqqir konining o‘ta mayda dispersiyali, qattiq kvars changlarining arqon ichki strukturasiga kirishiga yo‘l qo‘ymaydi, ya'ni abraziv yeyilish ssenariysini bloklaydi.

Hozirgi kunda jahon konchilik sanoati standartiga aylangan *Bridon-Bekaert (Dyform, Bristar)* va *WireCo WorldGroup (Casar, Union)* kabi brendlarning EPI toifali arqonlari ekspluatatsiya muddatini an'anaviy arqonlarga nisbatan **1.5 dan 2 barobargacha** uzaytirish imkonini beradi.

3. MRT DATCHIKLARINI ASUGTK TIZIMIGA INTEGRATSIYA QILISH ORQALI ONLAYN MONITORINGNI YO‘LGA QO‘YISH

Zamonaviy raqamlashtirilgan konlarda qo‘llaniladigan Avtomatlashtirilgan ishlarni boshqarish va kon-transport kompleksini texnologik nazorat qilish tizimlari (ASUGTK — Wenco, Modular, K-Mine) asosan ekskavatorlarning logistik zanjirini, unumdorligini va yuk hajmini nazorat qiladi. Biroq, ushbu tizimlarda yuk ko‘tarish arqonlarining joriy mexanik holatini diagnostika qiluvchi algoritmlar mavjud emas.

Xalqaro tajribalar va *Management Systems in Production Engineering* jurnalida e'lon qilingan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, po‘lat arqonlardagi charchash jarayoni koeffitsiyentlar asosida quvvat formulasi (power formula) orqali ifodalanishi mumkin:

$$Zn = a \cdot N^b$$

Bu yerda:

- n — charchash sinishlari soni,
- a, b — tenglama koeffitsiyentlari,
- N — charchash sikllari soni.

Muammo shundaki, zichlashtirilgan va EPI arqonlarda ushbu jarayon «ko‘chkisimon» (avalanche character) xarakterga ega, ya'ni uzoq muddat davomida hech qanday tashqi nuqson kuzatilmaydi, so‘ngra qisqa vaqt ichida simlar uzilishi keskin ortib ketadi. Shuning uchun vizual nazorat bu yerda samarasiz.

Loyiha doirasida **MRT (Magnetic Rope Testing)** sensorlarini ekskavatorning lebyodka bloki yoki strela roligi chiqish qismiga statsionar o‘rnatish taklif etiladi. MRT datchigi doimiy magnitlar yordamida arqon kesimi bo‘ylab to‘yinish darajasidagi magnit maydonini hosil qiladi. Arqon harakatlanganda, uning ichki qatlamlarida sim uzilishi (LF — Local Flaw) yoki korroziya sababli metall kesimi yuzasining kamayishi (LMA — Loss of Metallic Area) sodir bo‘lsa, magnit oqimi chiziqlari havoga sochiladi. Sensor ushbu sochilish signallarini tutib, raqamli impulsga aylantiradi.

Innovatsion yechim MRT datchigidan olingan analog/raqamli signallarni telemetrik modullar orqali ekskavatordagi amaldagi ASUGTK kontrolleriga

integratsiya qilishdan iborat. Natijada, dispetcherlik pultida va ekskavator kabinasidagi monitorda arqonning umumiy eskirish va charchash foizi real vaqt rejimida grafik ko‘rinishida aks etadi. Bu xavfsizlik darajasini oshirish bilan birga, arqonlarni muddatidan oldin almashtirish xarajatlarining oldini oladi.

4. BIMETAL VA QATTIQ QOTISHMALI CHO‘MICH TISHLARINI MAHALLIY SHAROITDA ISHLAB CHIQARISH VA KRIOGEN ISHLOV BERISH

Iqtisodiy va Texnik Asoslash:

Ekskavator cho‘michi tishlari an'anaviy ravishda G.Hadfield tomonidan patentlangan yuqori marganesli 110G13L (110Г13Л) markali austenit po‘latidan quyiladi. Ushbu po‘lat tashqi zarbali yuklamalar (zarbalar) ta'sirida o‘z-o‘zidan qattiqlashish (naklep) xususiyatiga ega. Ya'ni, cho‘mich jinsga urilganda metallning yuzasi yanada mustahkam bo‘lib boradi. Biroq Qalmoqqir konining tarkibida kvars bo‘lgan mayda dispersli jinslarida kuchli zarbalar emas, balki sof ishqalanish (abraziv yeyilish) ustunlik qiladi. Natijada metallda himoya qiluvchi qattiq qatlam (naklep) hosil bo‘lishga ulgurmasdan, tish yuzasi tezda yeyilib ketadi. Volfram karbidi (WC) asosidagi bimetal yoki kompozit tishlar an'anaviy tishlarga qaraganda 2.5 - 3.5 barobar qimmat bo‘lsa-da, ularning ekspluatatsiya resursi 3 - 4 barobar yuqoridir. Iqtisodiy samara faqatgina material tejamkorligidan emas, balki tish almashtirishga sarflanadigan rejasiz to‘xtashlar vaqtida boy berilgan ruda qazib olish hajmining (Opportunity Cost) oldini olish hisobiga shakllanadi.

Mahalliy ishlab chiqarish va kooperatsiya MTMZ (Markaziy ta’mirlash-mexanika zavodi):

Global bozordagi *ESCO* yoki *Hensley* kabi qimmatbaho brendlar mahsulotini import qilish o‘rniga, O‘zbekiston metallurgiya va tog‘-kon sanoati ichki kooperatsiyasi orqali ushbu tishlarni mahalliylashtirish g‘oyasi taklif etiladi:

1. **Matritsa quyish:** Tishning asosiy konstruktiv korpusi Olmaliq KMK tarkibidagi MTMZ (Markaziy ta’mirlash-mexanika zavodi) quyuv sexida 110G13L po‘latidan tayyor qoliplarga quyiladi.

2. **Qattiq qotishma sintezi:** Tishning kesuvchi qismiga o‘rnatiladigan va yuqori qattiqlikni ta'minlaydigan volfram karbidi (WC-Co) qattiq qotishmali plitalari va kompozit materiallari Chirchiq shahridagi «O‘zbekiston qiyin eriydigan va o‘tga chidamli metallar zavodi» (O‘zKTJM) tomonidan kukun metallurgiyasi usulida sintez qilinadi.

3. **Texnologik integratsiya (Hardfacing):** Murakkab va MTMZ sharoitida qiyin bo‘lgan quyuv qolipiga karbidlarni joylashtirish (Cast-In-Carbide) usuli o‘rniga, tish quyilib tayyor bo‘lgandan so‘ng, uning intensiv yeyiladigan ishchi yuzalariga qattiq qotishmali simlar yordamida **avtomatlashtirilgan qattiq qoplash (наплавка — hardfacing)** texnologiyasi qo‘llaniladi.

Ultra-past haroratli (Kriogen) Ishlov Berish Texnologiyasi:

Ishlab chiqarish zanjirining yakuniy innovatsion bosqichi — tishlarning makro va mikro-strukturasini yaxshilash uchun kriogen toblash usulini joriy etishdir. Buning uchun «Navoiyazot» AJ yoki «Maxam-Chirchiq» AJ korxonalarida sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan arzon suyuq azot (N_2) va MTMZ negizida o‘rnatiladigan maxsus dasturlashtiriladigan kriogen termo-kamera talab etiladi.

Tishlar suyuq azot muhitida - $196° C$ haroratgacha ma'lum bir rejim asosida sovitiladi. Ushbu ultra-past harorat ta'sirida metall strukturasida quyidagi o‘zgarishlar yuz beradi:

- Quyuvdan keyin qolib ketgan yumshoq va chidamsiz qismlar (qoldiq austenit faza) o‘ta mustahkam va qattiq struktura (martensit fazasi)ga aylanadi.
- Metallning atom panjarasi ichida quyuv paytida hosil bo‘lgan ichki zo‘riqishlar va bosimlar tarqaladi (relaksatsiyaga uchraydi). Natijada metall ichidagi mikroskopik

mikrotuzilmada yeyilishga o‘ta chidamli bo‘lgan juda mayda, mayda dispersli qattiq zarrachalar (sementit va ikkilamchi eta-karbidlar) ajralib chiqadi.

Ushbu jarayon tishning yeyilishga chidamliligini mexanik qattiqlikni pasaytirmagan holda keskin oshiradi. MTMZ sharoitida bitta kriogen kameraning o‘rnatilishi, ekskavator tishlaridan tashqari, kon maydalagichlarining (drobilka) bronlari va sharli tegirmonlarning sharlari resursini oshirish imkonini ham beradi.

XULOSA

Qalmoqqir ochiq koni sharoitida EKG ekskavatorlarining ishlash samaradorligini oshirish va import hajmini kamaytirish faqatgina kompleks ilmiy-texnik yechimlar orqali amalga oshirilishi isbotlandi. Polimer to‘ldirilgan (EPI) arqonlarni qo‘llash va ularni MRT datchiklari orqali onlayn rejimda amaldagi ASUGTK tizimiga integratsiya qilish yuk ko‘tarish tizimlarining avariyaviy holatlarini to‘liq bartaraf etadi. Cho‘mich tishlarini MTMZ va O‘zKTJM korxonalari kooperatsiyasida qattiq qoplash (hardfacing) hamda suyuq azot yordamida kriogenik modifikatsiyalash texnologiyasini joriy etish esa kon-transport majmuasining iqtisodiy unumdorligini maksimal darajaga ko‘taradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Kubis B., Olszyna G., Szade P., Tytko A. Fatigue Life of Compacted Wire Ropes for Applications in Deep Mining // Management Systems in Production Engineering. — 2023. — Vol. 31. — Issue 1. — P. 95-101. DOI 10.2478/mspe-2023-0012.

2. Hankus J. Liny wyciągowe nosne o powierzchniowym styku drutów. — Katowice: GIG, 2003.

3. Costello A.G. Theory of Wire Rope. 2nd edition. — New York: Springer, 1997.

4. Zhang D., Feng C., Chen K. Effect of Broken Wire on Bending Fatigue Characteristics of Wire Ropes // International Journal of Fatigue. — 2017. — Vol. 103. — P. 456-465.

5. Kamal M., Rahman M.M. Fatigue life estimation models: a state of the art // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. — 2014. — Vol. 9. — P. 1599-1608.