

**ZANJIRLI KONVEYERLARDA KURAKLAR SONINI  
TASHILAYOTGAN KON JINSI MIQDORIGA MOS  
OPTIMALLASHTIRISH ORQALI ELEKTR ENERGIYA SARFINI  
KAMAYTIRISH**

*Annaqulov To‘lqin Jovbekovich*

*Yunusov Jasurbek Farxod o‘g‘li*

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti*

**Annotatsiya**

Mazkur ishda konchilik korxonalarida qo‘llaniladigan zanjirli kurakli konveyerlarning energiya samaradorligini oshirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Zanjirli konveyer ishlashi davomida elektr yuritma quvvatining muayyan qismi zanjir, kuraklar, tashilayotgan kon jinsi va konveyer novi o‘rtasidagi ishqalanish hamda harakat qarshiliklarini yengishga sarflanadi. Konveyer konstruksiyasida kuraklarning belgilangan doimiy qadam bilan o‘rnatilishi tashilayotgan kon jinsi miqdori nominal qiymatdan kam bo‘lgan ish rejimlarida ortiqcha harakatlanuvchi massa va qo‘shimcha ishqalanish qarshiliklarini yuzaga keltirishi mumkin. Ushbu ishda konveyer unumdorligini saqlab qolgan holda tashilayotgan kon jinsi miqdoriga bog‘liq ravishda kuraklar soni va ular orasidagi masofani tanlash metodikasini ishlab chiqish taklif etiladi. Metodikaning asosini material oqimi, zanjir tezligi, kuraklar qadami, bir kurakka tushadigan yuk, harakat qarshiligi va elektr yuritmaning quvvat sarfi orasidagi bog‘lanish tashkil etadi. Taklif etilayotgan yondashuv zanjirli konveyerlarning ekspluatatsion yuklamasiga mos konstruktiv parametrlarni tanlash va elektr energiya sarfini kamaytirishga yo‘naltirilgan.

***Kalit so‘zlar:** zanjirli konveyer, kurak, konveyer novi, ishqalanish, harakat qarshiligi, elektr energiya sarfi, kuraklar qadami, yuk oqimi, optimallashtirish, energiya samaradorligi.*



## **Kirish**

Yer osti konchilik korxonalarida qazib olingan kon jinsini qazish joyidan keyingi transport vositalariga uzatishda zanjirli kurakli konveyerlar keng qoʻllaniladi. Bunday konveyerlarning asosiy afzalligi murakkab kon-geologik sharoitlarda ishlash imkoniyati, yuqori yuklanishlarni qabul qilishi va qazib olish mashinalari bilan yagona texnologik kompleks tarkibida ishlay olishidir. Shu bilan birga, zanjirli konveyerlarning asosiy kamchiliklaridan biri yuritma tizimida katta qarshilik kuchlarining yuzaga kelishi va buning natijasida elektr energiyasi sarfining yuqori boʻlishidir.

Konveyer ishlaganda elektr dvigatel hosil qiladigan tortish kuchi nafaqat kon jinsini siljitishga, balki kuraklar va zanjirning oʻz massasini harakatlantirishga, kuraklarning nov yuzasi bilan, zanjir elementlarining yoʻnaltiruvchi qismlar bilan hamda kon jinsining nov yuzasi bilan ishqalanish qarshiliklarini yengishga sarflanadi. Zamonaviy tadqiqotlarda zanjir tezligining oshishi material va nov orasidagi ishqalanish yoʻqotishlarini koʻpaytirishi, bu esa harakat qarshiligi va yuritma energiya sarfining oshishiga olib kelishi koʻrsatilgan [1].

Zanjirli konveyerning harakatlanuvchi qismi zanjir va unga maʼlum qadam oraligʻida mahkamlangan kuraklardan iborat. Anʼanaviy konstruksiyalarda kuraklar oraligʻi konveyerning maksimal unumdorligiga mos ravishda tanlanadi va ekspluatatsiya jarayonida deyarli oʻzgarmaydi. Biroq konveyer har doim ham nominal maksimal yuklama bilan ishlamaydi. Kon jinsining konveyerga kelib tushish miqdori qazib olish mashinasining ish rejimi, qazish tezligi, qatlamning xususiyatlari hamda texnologik jarayonlarga qarab oʻzgaradi.

Shunday holatda konveyerdagi barcha kuraklarni harakatlantirish uchun energiya sarflanadi, holbuki kichik yuk oqimida ularning bir qismi transport unumdorligini taʼminlash nuqtai nazaridan ortiqcha boʻlishi mumkin.



Adabiyotlarda kuraklar orasidagi masofani optimallashtirish orqali ularning umumiy soni va harakatlanuvchi tizim massasini kamaytirish imkoniyati mavjudligi ko'rsatilgan. 2025-yilda Q. Zhang va boshqalar tomonidan bajarilgan tadqiqotda 400 metrli SGZ1000 konveyeri misolida kuraklarning bir xil qadamli joylashuvini o'zgartirish orqali tashish qobiliyatini saqlagan holda kuraklar sonini kamaytirish mumkinligi aniqlangan [2].

Shu sababli zanjirli konveyer konstruksiyasidagi kuraklar sonini faqat maksimal unumdorlik asosida emas, balki real tashilayotgan kon jinsi miqdorini hisobga olgan holda aniqlash energiya samaradorligini oshirishning istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

### **Tadqiqotning maqsadi**

Tadqiqotning maqsadi zanjirli konveyerda tashilayotgan kon jinsi miqdoriga bog'liq holda kuraklar soni va ular orasidagi masofani optimal tanlash metodikasini ishlab chiqish orqali kurak–nov va zanjir–nov tizimlarida hosil bo'ladigan ortiqcha qarshilik kuchlarini hamda elektr energiya sarfini kamaytirishdan iborat.

Bunda konveyerning talab etilgan unumdorligi, materialni uzluksiz tashish sharti, zanjirning ruxsat etilgan tortish kuchi va bir kurakka tushadigan maksimal yuk asosiy cheklovlar sifatida qabul qilinadi.

### **Zanjirli konveyerda qarshilik kuchlarining shakllanishi**

Konveyerning barqaror harakat rejimida yuritma tomonidan yengilishi kerak bo'lgan umumiy qarshilikni soddalashtirilgan holda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F_{\Sigma} = F_m + F_z + F_k + F_q + F_{qo'sh} \quad (1)$$

bu yerda  $F_m$  — tashilayotgan kon jinsi va nov orasidagi ishqalanish qarshiligi;  $F_z$  — zanjir va konveyer novi orasidagi qarshilik;  $F_k$  — kuraklarning nov bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'ladigan qarshilik;  $F_q$  — qiya o'rnatilgan

konveyerlarda yuk va harakatlanuvchi qismlar og'irligining harakat yo'nalishidagi tashkil etuvchisi;  $F_{qo'sh}$  — yulduzchalar, egilish uchastkalari, zanjir bo'g'inlari va boshqa elementlarda hosil bo'ladigan qo'shimcha qarshiliklar.

Zamonaviy dinamik modellar ham zanjirli konveyerdagi harakat qarshiligi yuklangan va yuksiz tarmoqlar, materialning og'irligi, zanjir elementlari hamda nov bilan yuzaga keladigan ishqalanishdan shakllanishini ko'rsatadi [3]. Ishqalanish kuchining umumiy ko'rinishi:

$$F_f = \mu N \quad (2)$$

bu yerda  $\mu$  — ishqalanish koeffitsiyenti;  $N$  — kontakt yuzasiga ta'sir qiluvchi normal kuch.

Kuraklar soni ortishi bilan harakatlanuvchi qismlarning umumiy massasi ham oshadi. Konveyer uzunligi  $L$ , kuraklar orasidagi masofa  $s$ , bitta kurakning massasi  $m_k$  bo'lsa, bir ishchi tarmoqdagi kuraklar sonini taxminan quyidagicha aniqlash mumkin:

$$N_k = \frac{L}{s} \quad (3)$$

Agar zanjirning ishchi va qaytish tarmoqlaridagi kuraklar hisobga olinsa, ularning umumiy massasi konveyer sxemasiga bog'liq ravishda kuraklar qadamiga teskari proporsional ravishda ortadi. Adabiyotlarda ikki tarmoqli tizim uchun kuraklarning umumiy massasi  $M_a = 2Lm_k/s$  ko'rinishida ifodalangan [2]. Demak,  $s$  kamayib, kuraklar soni ortishi bilan konveyerning yuksiz holatdagi harakatlanuvchi massasi va uni harakatlantirish uchun talab qilinadigan energiya ham oshadi.

Elektr yuritmaning talab etiladigan quvvati umumiy holda:

$$P = \frac{F_{\Sigma} \cdot v}{\eta} \quad (4)$$

bu yerda  $v$  — zanjirning harakat tezligi, m/s;  $\eta$  — yuritma tizimining umumiy foydali ish koeffitsiyenti. (4) ifodadan ko'rinadiki, zanjir tezligi

o'zgarmagan sharoitda umumiy qarshilik kuchini kamaytirish bevosita talab etiladigan quvvatning kamayishiga olib keladi.

### **Kuraklar sonini kon jinsi miqdoriga bog'liq holda aniqlash**

Taklif etilayotgan metodikaning asosiy g'oyasi konveyerda bir xil va doimiy kuraklar sonidan foydalanish o'rniga, talab etilayotgan transport unumdorligiga mos keladigan minimal yetarli kuraklar sonini aniqlashdan iborat.

Konveyerning massaviy unumdorligi  $Q$ , t/soat, zanjir tezligi  $v$ , m/s va kuraklar orasidagi masofa  $s$ , m bo'lsa, ma'lum kesimdan ketma-ket ikki kurakning o'tish vaqti:

$$t = \frac{s}{v} \quad (5)$$

Shu vaqt davomida konveyerga uzatiladigan kon jinsining massasi:

$$m_{k.j.} = \frac{Q \cdot s}{3,6v} \quad (6)$$

bu yerda  $m_{k.j.}$  — bitta kurak oralig'iga to'g'ri keladigan kon jinsi massasi, kg. (6) tenglama taklif etilayotgan optimallashtirish metodikasining asosiy parametrlaridan biri bo'lishi mumkin. Chunki tashilayotgan kon jinsi miqdori kamayganda  $Q$  kamayadi. Bir kurakka ruxsat etilgan yuk miqdori o'zgarmagan holda kuraklar orasidagi masofani  $s$  kattalashtirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Agar bitta kurak oralig'iga to'g'ri kelishi mumkin bo'lgan ruxsat etilgan maksimal material massasi  $[m]$  bilan belgilansa, quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\frac{Q \cdot s}{3,6v} \leq [m] \quad (7)$$

Bundan maksimal ruxsat etiladigan kuraklar qadami:

$$s_{max} \leq \frac{3,6v[m]}{Q} \quad (8)$$

Shundan so'ng talab etiladigan kuraklarning minimal soni quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$N_{opt} = \text{ceil}\left(\frac{L}{s_{opt}}\right) \quad (9)$$

Bu yerda  $\text{ceil}$  — yuqoriga qarab butun songacha yaxlitlash. Biroq (8) formula faqat yuk miqdori bo'yicha dastlabki baholashni beradi. Amaliy optimallashtirishda  $s_{opt}$  qiymati kon jinsining yirikligi va granulometrik tarkibi, uning to'kilma zichligi, namligi, ichki va tashqi ishqalanish koeffitsiyentlari, novning eni va balandligi, zanjir tezligi, konveyerning qiyalik burchagi, zanjirning ruxsat etilgan tortish kuchi hamda materialning orqaga qaytib ketish ehtimoli asosida cheklanishi kerak.

2026-yilda e'lon qilingan tadqiqot natijalari ham kuraklar qadami bilan tashish samaradorligi orasidagi bog'lanish oddiy chiziqli xarakterga ega emasligini ko'rsatadi. Zanjir tezligi, material zarrachalarining xususiyatlari va kuraklar qadami birgalikda tashish samaradorligiga ta'sir qiladi [4].

Shu sababli optimal kuraklar sonini aniqlash masalasi quyidagi mazmunda shakllantiriladi:

$$P(N_k, Q) \rightarrow \min \quad (10)$$

quyidagi shartlar bajarilganda:

$$Q_{haq} \geq Q_{talab}; \quad T_z \leq [T_z]; \quad m_{k.j.} \leq [m]; \quad s_{min} \leq s \leq s_{max}$$

Bu yerda  $Q_{haq}$  — konveyerning haqiqiy unumdorligi;  $Q_{talab}$  — texnologik jarayon tomonidan talab qilinadigan unumdorlik;  $T_z$  — zanjirdagi tortish kuchi;  $[T_z]$  — zanjir uchun ruxsat etilgan tortish kuchi.

Demak, optimallashtirishda maqsad shunchaki kuraklar sonini maksimal darajada kamaytirish emas. Asosiy maqsad — talab etilgan transport unumdorligi va mexanik ishonchlilikni saqlagan holda eng kam energiya sarfini ta'minlaydigan kuraklar sonini aniqlashdir.

### **Taklif etilayotgan metodika**

Tashilayotgan kon jinsi miqdoriga mos ravishda kuraklar sonini tanlashda dastlab real yoki hisobiy yuk oqimi  $Q$  aniqlanadi. Keyin zanjir tezligi va konveyerning geometrik parametrlariga ko'ra bitta kurak oralig'iga to'g'ri

keluvchi material massasi hisoblanadi. Turli kurak qadamlari uchun konveyerning transport qobiliyati, harakat qarshiligi, zanjirdagi tortish kuchi va yuritmaning talab etiladigan quvvati aniqlanadi.

Hisoblash natijasida  $Q-s-F\Sigma-P$  bog'lanishlarini olish mumkin. Ushbu bog'lanishlar asosida turli yuklama diapazonlari uchun optimal kurak qadamlari belgilanadi.

Masalan, konveyerning past, o'rta va yuqori yuklama rejimlari alohida ko'rib chiqilishi mumkin. Past yuklamada kuraklar orasidagi masofa kattaroq, nominal yuklamaga yaqin sharoitda esa kichikroq qabul qilinadi. Kuraklar qadami zanjir bo'g'ini qadamining butun sonli karrali qiymati sifatida tanlanishi konstruktiv jihatdan maqsadga muvofiq.

Mazkur yondashuv konveyer ishlayotgan paytda kuraklarni doimiy ravishda olib tashlash va qayta o'rnatishni anglatmaydi. Metodika konveyerni loyihalash, modernizatsiya qilish yoki zanjir-kurak tizimini ma'lum ekspluatatsion yuklama uchun komplektlash bosqichida optimal konfiguratsiyani tanlash uchun qo'llanishi mumkin. Keyingi bosqichda turli yuklama rejimlari uchun modulli yoki notekis qadamli kurak joylashuvlarini ishlab chiqish mumkin.

### **Kutilayotgan natijalar va ilmiy ahamiyati**

Taklif etilayotgan metodika asosida zanjirli konveyerning transport unumdorligini saqlab qolgan holda ekspluatatsion yuklamaga nisbatan ortiqcha bo'lgan kuraklar sonini aniqlash imkoniyati yaratilishi kutilmoqda. Kuraklar sonining kamayishi harakatlanuvchi tizim massasini kamaytirishi, kuraklarning nov bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'ladigan qarshiliklarning pasayishiga hamda natijada yuritma uchun talab etiladigan quvvatning kamayishiga olib kelishi mumkin.

Bunda energiya tejamkorlik miqdori oldindan qat'iy belgilanishi mumkin emas. U konveyerning uzunligi, kurak massasi, mavjud va optimal kurak



qadami, tashilayotgan material miqdori, zanjir tezligi hamda ishqalanish koeffitsiyentlariga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun keyingi tadqiqotlarda nazariy modelni tajriba yoki DEM asosidagi modellashtirish bilan tekshirish zarur.

Zanjirli konveyerlarda energiya sarfini dinamik yuk oqimiga moslashtirish istiqbolli yo'nalish ekanligi zamonaviy tadqiqotlarda ham qayd etilgan. Yuk oqimi va ish rejimlarini hisobga oluvchi optimallashtirish elektr energiya sarfini kamaytirish imkonini berishi ko'rsatilgan [1].

### **Xulosa**

Zanjirli konveyerning energiya sarfi faqat tashilayotgan kon jinsining massasiga emas, balki zanjir-kurak tizimining o'z massasiga, kuraklar soniga, ularning qadami va nov bilan o'zaro ta'siridan yuzaga keladigan qarshilik kuchlariga ham bog'liq.

Konveyer maksimal unumdorlikdan past rejimda ishlaganda barcha kuraklarning mavjud bo'lishi ayrim sharoitlarda transport jarayoni uchun zarur bo'lmagan qo'shimcha harakatlanuvchi massa va qarshiliklarni yuzaga keltirishi mumkin.

Shu sababli tashilayotgan kon jinsi miqdori  $Q$ , zanjir tezligi  $v$ , bir kurakka to'g'ri keladigan yuk  $m_{k,j}$  va kuraklar qadami  $s$  o'rtasidagi bog'lanishdan foydalanib, talab etilgan unumdorlikni ta'minlovchi minimal yetarli kuraklar sonini aniqlash taklif etildi.

Taklif etilayotgan optimallashtirish mezonini konveyer unumdorligi va mexanik ishonchliligini saqlagan holda yuritma quvvati va elektr energiya sarfini minimallashtirishdan iborat.

Keyingi tadqiqot bosqichida kuraklar qadami, kon jinsi miqdori va zanjir tezligining umumiy harakat qarshiligiga ta'sirini tajribaviy hamda kompyuter modellashtirish usullarida tadqiq etish, shuningdek, turli yuklama rejimlari uchun optimal kuraklar sonini aniqlash rejalashtiriladi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR**

1. Lu Q., Chen Y., Cao X., Xie T., Mao Q., Leng J. Dynamic Coal Flow-Based Energy Consumption Optimization of Scraper Conveyor // *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, No. 13. 7366. DOI: 10.3390/app15137366.
2. Zhang Q., Liu W., Jia A., Sun S., Li X., Song X. Mining Scraper Conveyors Chain Drive System Lightweight Design: Based on DEM and Topology Optimization // *Computation*. 2025. Vol. 13, No. 9. 225. DOI: 10.3390/computation13090225.
3. Li W.K. et al. Tension Characteristics Analysis of Scraper Chain of Heavy-Duty Scraper Conveyor with Time-Varying Loads // *Shock and Vibration*. 2024.
4. Zhang H., Yuan W., Yang L., Kong P. Regulation of scraper spacing on coal conveying performance under particle viscosity and chain speed coupling // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. 2026. Vol. 240, No. 20. P. 8110–8123. DOI: 10.1177/09544062261465936.
5. Wang X.W., Li B., Yang Z.J. Analysis of the bulk coal transport state of a scraper conveyor using the discrete element method // *Journal of Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 64, No. 1. P. 37–46. DOI: 10.5545/sv-jme.2017.4790.
6. Chen H.J. Analysis and calculation for scraper spacing of scraper conveyor // *Coal Mine Machinery*. 2019. Vol. 40, No. 2. P. 6–7. DOI: 10.13436/j.mkjx.201902003.

