9. Чантурия В.А., Вайсберг Л.А., Козлов А.П. Приоритетные направления исследований в области переработки минерального сырья // Обогащение руд, 2014. № 2. С. 3–9.

10. Белов А.С. Применение шнекозубчатых дробилок на кимберлитовых месторождениях // Обогащение руд, 2016. №5. С. 3–7.

11. Газалеева Г.И., Цыпин Е.Ф., Червяков С.А. Рудоподготовка. Дробление, грохочение, обогащение. Екатеринбург: Уральский центр академического обслуживания, 2014. С. 914.

12. Степаненко А.И. Шнекозубчатые дробилки в циклах дробления материалов с высоким содержанием глины. // IX Конгресс обогатителей стран СНГ: Сборник материалов. Том II / М: МИСиС, 2013. С. 560–564.

13. Степаненко А.И. Опыт применения шнекозубчатых дробилок в процессах рудоподготовки. // Обогащение руд, 2015. № 1. С. 10–13.

14. Андреев Е.Е., Тихонов О.Н. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебник для вузов. СПб.: Изд-во СПГГИ (ТУ), 2007. С. 440.

15. Степаненко А.И., Мальков С.М. Физическое моделирование в проектировании шнекозубчатых дробилок // Обогащение руд, 2018. №3. С. 2–13.

16. Макарушин М.Н., Ирбахтин М.П., Ерёмин А.А., Долотов В.Ю. Шнек дробилки твёрдых материалов. RU 202195 U1. 05.02.2021.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Atakulov Lazizjon Nematovich — Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor, Head of the Department of Mining Electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: Laziz218@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3561-8850

Kamolov Nuriddin Bomurotovich — Head of the Muruntau Mine, Central Mining Administration, Navoi Mining and Metallurgical Company JSC, 1 Marvarid Street, 210300, Zarafshan, Uzbekistan. E-mail: miningnewmuruntau@gmail.com

Khaydarov Shohidjon Bakhridinovich — PhD, Associate Professor of the Department of Mining Electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: shohidh@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-5661-3919

Kakhkharov Orif O. — Assistant Lecturer at the Department of Mining Electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: kahharovorif@gmail.com

Shomurodov Bakhtiyor Hamidovich — Assistant Lecturer at the Department of Mining Electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: baxtik.3008@gmail.com ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-7381-4201

OCHIQ KON KORXONALARIDA KON JINSLARINI TASHISH TEXNOLOGIYASINI DAVRIY TRANSPORTDAN UZLUKSIZ TRANSPORT TIZIMIGA O‘TKAZISHNING ILMIY ASOSLARI

Annaqulov T.J., Eshonqulov K.E.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

Doi: 10.5281/zenodo.23663145

ANNOTATSIYA Maqolada ochiq konchilik ishlarida kon jinslarini tashishda davriy ishlovchi transportdan uzluksiz transportga o‘tishning ilmiy-texnik va iqtisodiy asoslari tahlil qilingan. Karyer chuqurligi ortishi bilan avtosamosval transportining ekspluatatsion xarajatlari, yoqilg‘i sarfi va ekologik yuki keskin oshishi, uzluksiz transporti esa past ekspluatatsion xarajat va yuqori energetik samaradorlik bilan ajralib turishi ko‘rsatilgan. Jahon va mintaqaviy tajriba (Borodinskiy, Pavlovskiy hamda Muruntau karyerlari) hamda zamonaviy qiyosiy tadqiqotlar asosida davriy-uzluksiz texnologiyaga o‘tishning maqsadga muvofiq chegaralari — karyer

chuqurligi, gorizont bilan ag‘darma orasidagi balandlik farqi, tashish masofasi va yillik ishlab chiqarish hajmi bo‘yicha — umumlashtirilgan. Olingan natijalar O‘zbekiston konchilik korxonalarida transport tizimini takomillashtirishda foydalanilishi mumkin.

KALIT SO‘ZLAR Ochiq kon, karyer transporti, davriy-uzluksiz texnologiya, lentali konveyer, avtosamosval, tashish tannarxi, energiya intensivligi, karyer chuqurligi.

Kirish

Zamonaviy tog‘-kon sanoatida foydali qazilmalarni ochiq usulda qazib olish yetakchi o‘rinni egallaydi: rangli va qora metallar rudalari, energetik xomashyo hamda qurilish materiallarining katta qismi aynan ochiq konchilik korxonalarida qazib olinadi. Karyerlar loyihaviy quvvatining ortishi hamda chuqurligi 300–500 m va undan oshib borishi bilan kon jinslarini karyer tubidan yer yuzasiga olib chiqish va tashish jarayoni ishlab chiqarish tannarxining hal qiluvchi qismiga aylanadi. Chuqur karyerlarda transport va yuk tushirish xarajatlari umumiy ekspluatatsion xarajatlarning 40–60 % gacha yetishi mumkin [2], bu esa transport texnologiyasini takomillashtirishni dolzarb ilmiy va amaliy muammoga aylantiradi.

Ochiq kon transportida an’anaviy ravishda davriy (uzlukli) ishlovchi ekskavator–avtosamosval majmualari ustunlik qiladi va keng ko‘lamda ishlatiladi. Ularning yuqori moslashuvchanligi, manevrchanlik qobiliyati va trassa parametrlariga oson moslasha olishi ushbu tizimning keng tarqalishini ta’minlagan [2]. Biroq karyer chuqurlashgan sari avtosamosval transportining samaradorligi pasayadi: tashish masofasi va ko‘tarilish balandligi ortishi bilan yoqilg‘i sarfi, shina va ehtiyot qism xarajatlari hamda atmosferaga chiqariladigan zararli gazlar miqdori keskin oshadi. Bunday sharoitda uzluksiz (maydalash–konveyer) transportga, ya’ni davriy-uzluksiz texnologiyaga (DUT) o‘tish iqtisodiy va ekologik jihatdan maqsadga muvofiq bo‘lib qoladi.

Ushbu maqolaning maqsadi ochiq konlarda kon jinslarini tashishda davriy ishlaydigan transport turidan uzluksiz ishlaydigan transport turiga o‘tishning ilmiy-texnik va iqtisodiy asoslarini hamda bu o‘tishning maqsadga muvofiq chegaralarini jahon va mintaqaviy tajriba asosida umumlashtirishdan iborat.

Metodologiya. Davriy transportning chuqurlik bilan bog‘liq cheklovlari. Ichki yonuv dvigateli bilan jihozlangan avtosamosvallar turli materiallarni tashishdagi moslashuvchanligi, yuqori manevrchanligi va dastlabki kapital qo‘yilmaning nisbatan kamligi tufayli ochiq konchilik korxonalarida ommaviy transport tizimining asosiy bo‘g‘ini bo‘lib qolmoqda [2]. Shu bilan birga, qator tadqiqotlar avtomobil transportining chuqurlik bilan bog‘liq jiddiy cheklovlarini ko‘rsatadi.

Birinchidan, tashish masofasi karyer chuqurlashgan sari ortadi va avtosamosval unumdorligi keskin pasayadi; Muruntau karyerida karyer chuqurligi 100 m ga oshganda avtosamosvallar bilan tashish xarajatlari taxminan 1,5 barobarga oshishini hamda karyer chuqurligi 100 m dan 400 m gacha oshganda yuk ko‘tarish qobiliyati 40 t va 110 t bo‘lgan avtosamosvallarning unumdorligi mos ravishda 2,0 va 2,9 barobar pasayganini ko‘rishimiz mumkin [9]. Loyihaviy hajmni ta’minlash uchun parkdagi mashinalar sonini oshirishga to‘g‘ri keladi, bu esa kapital qo‘yilma, yoqilg‘i sarfi, ish kuchi va yo‘l infratuzilmasiga ketadigan xarajatlarni o‘stiradi [2]. Tadqiqotlarga ko‘ra, avtomobil transporti tashish masofasi 2–2,5 km dan oshmaganda eng samarali hisoblanadi [1].

Ikkinchidan, energetik nuqtai nazardan avtosamosval transporti samarasiz: karyer pog‘onalaridan ko‘tarilishda dizel yoqilg‘isining 70–80% i sarflanadi, ichki yonuv dvigateli bilan jihozlangan samosvallarda esa umumiy energiyaning 40% dan ortig‘i mashinaning o‘z massasini yuqoriga ko‘tarishga sarflanadi [2]. Yoqilg‘i sarfi trassa qiyaligi va tashish masofasi oshishi bilan keskin oshadi. Kon jinslarini tashishda yuk mashinasi L uzunlikdagi yo‘lda gorizontalga nisbatan umumiy qiyalik burchagi bilan (transport yo‘lining barcha qiya qismlarda tashilishi) aniqlanadi. Yuk mashinasining yuklash va tushirish stansiyalari orasidagi bitta yuk tashish sikli davomida energiya sarfi transport vositasi tomonidan bajarilgan ish bilan ifodalanadi [10].

$$E = L\left[(G_{yuk}+G_0)(f\cos\alpha+\sin\alpha)+G_0(f\cos\alpha-\sin\alpha)\right]+\left(\frac{G_{yuk}+2G_0}{2g}+2Lk_xF_s\right)v^2+G_{yuk}h_c = L\left[(G_{yuk}+2G_0)f\cos\alpha+G_{yuk}\sin\alpha\right]+\left(\frac{G_{yuk}+2G_0}{2g}+2Lk_xF_s\right)v^2+\frac{G_{yuk}h_c}{\eta_c},\ [Joul] \quad (1)$$

Tashilgan kon jinsini birlik og‘irligiga va 1 m yo‘lga keltirilgan solishtirma energiya sarfi e_j ($\frac{J}{Nm}=\frac{J}{J}=\frac{MJ}{tkm}\cdot\frac{s^2}{m}$) (1) formulaga asosan quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$e_j=\frac{E}{G_{yuk}L}=\left(1+2\frac{G_o}{G_{yuk}}\right)f\cos\alpha+\sin\alpha\left[\left(1+2\frac{G_o}{G_{yuk}}\right)\cdot\frac{1}{2gL}+\frac{2k_xF_s}{G_{yuk}}\right]\cdot v^2+\frac{h_c}{L\eta_c} \quad (2)$$

bu yerda:

G_o –avtosamosvalning bo‘sh (tara) og‘irligi, [N];

G_{yuk} –yuk ko‘tarish qobiliyati, [N];

k_x –havo qarshiligi koeffitsiyenti (konchilik avtosamosvallari uchun $k_x = 0{,}9 - 1{,}2$);

$f -$ g‘ildirakning dumalash qarshiligi koeffitsiyenti;

$v -$ nominal tezlik, [m/s];

$a -$ transport yo‘lining yig‘ma qiyaligi, [°];

$F_s -$ transport vositasining old yuzasi, [m²];

L –yuklash va tushirish punktlari orasidagi masofa, [m];

h_c –yukli kuzov og‘irlik markazining vertikal ko‘tarilishi, [m];

η_c –kuzovni ko‘tarish tizimining foydali ish koeffitsiyenti, [%].

g-jismning erkin tushish tezlanishi, g=9,81 m/s²

energiya sarfini tashkil etuvchilari quyidagilar: birinchisi — g‘ildirakning dumalashga bo‘lgan qarshilikni yengish:

$$e_f = (1 + 2\frac{G_o}{G_{yuk}})fcosa \qquad (3)$$

qiyalikda ko‘tarilishdagi qarshilikni yengishi:

$$e_a = sina \qquad (4)$$

belgilangan harakat tezligiga erishish (kinetik energiya va havo qarshiligi):

$$e_v = [(1 + 2\frac{G_o}{G_{yuk}})\frac{1}{2gL} + \frac{2k_xF_s}{G_{yuk}}]v^2 \qquad (5)$$

yukli holatda ko‘tarish qarshiligi

$$e_h = \frac{h_c}{L\eta_c} \qquad (6)$$

Solishtirma yoqilg‘i sarfi dvigatel va transmissiya foydali ish koeffitsiyentlarini, dizel yoqilg‘isining issiqlik qiymatini hamda 1 litr dizel yoqilg‘isi 0,84 kg ligini hisobga olgan holda, 1 t yukni 1 km ga tashish ishiga sarflanadigan solishtirma yoqilg‘i miqdori;

$$m_{jp} = \frac{1.25}{W_d\eta_s\eta_{un}}\left[\left(1 + 2\frac{G_o}{G_{yuk}}\right)fcos\alpha + sin\alpha + \left(\left(1 + 2\frac{G_o}{G_{yuk}}\right)\frac{1}{2gL} + \frac{2k_xF_s}{G_{yuk}}\right)v^2 + \frac{h_c}{L\eta_c}\right]g, [1/tkm] \qquad (7)$$

bu yerda:

W_d –dizel yoqilg‘isining issiqlik qiymati, $W_d = 43\frac{MJ}{kg}$;

η_s –dvigatelning effektiv foydali ish koeffitsiyenti:

η_{un} –transmissiyaning foydali ish koeffitsiyenti;

1,25-zaxira koeffitsiyenti: salt yurish (navbat kutish), gidravlika va yordamchi tizimlar sarfini hamda hisob zaxirasi (~25 %) qamrab oladi. (2) va (7) ni birlashtirib, amaliy hisob uchun qulay ko‘rinish $W_d$olinadi [10] (bu yerda [J/kg] da, yani $43 \cdot 10^6\ \frac{J}{kg}$):

$$m_{jp} = \frac{1.25e_j\ g}{W_d\eta_s\eta_{un}} \cdot 10^6, \frac{kg}{tkm} \qquad (8)$$

hajmiy birlikka o‘tish:

$$q_{jp} = \frac{m_{jp}}{p_{yo}}, \frac{l}{tkm} \qquad p_{yo} = 0.84\frac{kg}{l} \qquad (9)$$

Quyida keltirilgan formulalar orqali avtosamosvalning yoqilg‘i sarfini aniqlab olishimiz mumkin. Aniqlangan yoqilg‘i sarfidan atrof-muhitga chiqayotgan CO2 gazining miqdorini aniqlashimiz mumkin bo‘ladi.

O‘zbekiston Respublikasi qonunchiligida konchilik korxonalarida dizel yoqilg‘isini yoqishda chiqadigan CO2 gaziga soliqlar nazarda tutilmagan. Germaniya Federativ Respublikasi bu borada o‘zining milliy ETS dasturini joriy etgan. 2021-yil 1-yanvarda transport va isitish yoqilg‘ilaridan chiqadigan CO_2 chiqindilarini qamrab oluvchi milliy ETS dasturi ishga tushirildi, uning narxi bir tonna CO_2 uchun 25 yevroni tashkil etadi. Uglerod narxini 2025-yilga kelib bosqichma-bosqich 55 yevrogacha oshirish rejalashtirilgan. 2026-yildan boshlab CO_2 chiqindilarini chegarasi belgilanadi, u vaqt o‘tishi bilan 2030-yilga kelib dastur maqsadlariga muvofiq kamayadi, lekin boshlang‘ich narx oralig‘i bir tonnasi uchun 55 yevrodan 65 yevrogacha saqlanib qolishi belgilangan [13].

Uchinchidan, ekologik yuk yuqori: bitta yirik karyer avtosamosvali yiliga 1000 tonnagacha CO_2 chiqaradi [2]. Bundan tashqari, dizel zarrachalari, chang va shovqin ish muhitini yomonlashtiradi. Chuqur gorizontlarda gaz bilan ifloslanish tufayli uskunalarning yillik to‘xtab turishi ayrim hollarda 1000–1500 soatga yetishi mumkin [4].

CO_2 darajasini aniqlashning uchta parallel usulini ko‘rib chiqamiz:

Konversiya koeffitsiyenti usuli (Kecojevic-Komljenovic) [11].

$$CO_2 = FC \cdot CF \qquad (10)$$

$$CF = CC \cdot 10^{-6} \cdot 0.99 \cdot \frac{44}{12} \qquad (11)$$

bu yerda;

FC –dizel yoqilg‘isi sarfi [l/soat]

CF –konversiya koeffitsiyenti,[t CO_2/l];

CC –dizeldagi uglerod miqdori, [g/l]; 0.99–oksidlanish omili 44/12–CO_2 va C molyar massalari nisbati. Dizel yoqilg‘isi uchun CC =734 g/l qabul qilinsa:

$$CF = 734 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}99 \cdot \left(\frac{44}{12}\right) = 2.664 \cdot 10^{-3} t/l$$

yani 2,664 kg CO_2/l. Stexiometrik usul yoqilg‘i tarkibidagi uglerodning to‘liq oksidlanish reaksiyasi va massa balansi [12].

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + Q_C \qquad (12)$$

$$12[\text{kgC}] + 32[\text{kg}O_2] \rightarrow 44[\text{kg}CO_2] \qquad (13)$$

bundan soatlik yoqilg‘i sarfi uchun;

$$m_{CO2} = \frac{44}{12}c \cdot C_h\ , \left[\frac{kgCO_2}{soat}\right] \qquad (14)$$

c –yoqilg‘idagi uglerod ulushi, [kgC/kg] dizel yoqilg‘isi uchun c=0,865;

C_h −soatlik yoqilg‘i sarfi,[kg/soat];

Q_C −reaksiyadan ajraladigan issiqlik.

bir litr yoqilg‘iga keltirilgan emissiya omili;

$EF_l^{st} = \frac{44}{12} c\rho_{yo} = 3{,}667 \cdot 0{,}865 \cdot 0{,}84 = 2{,}664\ kgCO_2/l$ (15)

IPCC/EPA emissiyasi omillari usullari

IPCC (2006) bo‘yicha dizel yoqilg‘isi uchun standart emissiya omili [16]

$EF_{CO2} = 74100\ kg\ CO_2/TJ$ 95% lik aniqlik bilan 72600 kg/TJ

U.S. EPA ma’lumotiga ko‘ra dizel yoqilg‘isi uchun $gCO_2/gallon$10 180 g CO2/gal, ya’ni 10 180/3,7854 = 2689 g = 2,689 kg CO2/l.

Uch mustaqil usul natijalari orasidagi farq 1% dan kichikligi aniqlandi. Keyingi hisoblarda o‘rtacha qiymat EF_l=2,67 kg CO_2 /l deb qabul qilamiz [15].

Avtomobil transportining qo‘llanish chegarasini kengaytirishga qaratilgan muhandislik yechimlari ham mavjud. Masalan, [4] da avtosamosvalning inersiya kuchidan foydalanib, kapital qiya yo‘lni qisqa tik (300‰) va gorizontal uchastkalar bilan navbatlab loyihalash taklif etilgan; BelAZ-7547 misolidagi hisoblar 36 m balandlikka ko‘tarilishda umumiy qiyalikni 160‰ ga keltirib, boshqaruvchi qiyalik qiymatini ikki barobar oshirish va yoqilg‘i sarfini kamaytirish mumkinligini ko‘rsatadi [4]. Biroq bunday yechimlar muammoni vaqtincha yumshatadi, ammo chuqurlik ortgan sari uni tubdan hal etmaydi.

Uzluksiz transportning texnik-iqtisodiy afzalliklari.

Mutaxassislarning baholashicha, yillik unumdorlik 4 mln t dan ortiq va chuqurligi 180–200 m dan oshgan karyerlarda ekskavator-avtomobil transporti maqsadga muvofiq emas [3]. Uzluksiz transport (karyer ichida maydalash va lentali konveyer bilan tashish) davriy transportning yuqorida sanab o‘tilgan kamchiliklarini sezilarli darajada bartaraf etadi [20,21,24].

Konveyer transporti kondan yukni tashishda an’anaviy konveyerlarni nominal ishlash chegarasi 18° bo‘lib bunda kondan yukni 600 m balandlikka ko‘tarish uchun $L = \frac{H}{sin\alpha}$ ifodadan foydalanadigan bo‘lsak 1-grafikdagi holatni ko‘rishimiz mumkin. Belgilangan masofaga konveyer energiya sarfini quyidagicha hisoblaymiz.

$$N = \frac{W_0 \cdot \vartheta}{1000 \cdot \eta}\ kVt \quad (16)$$

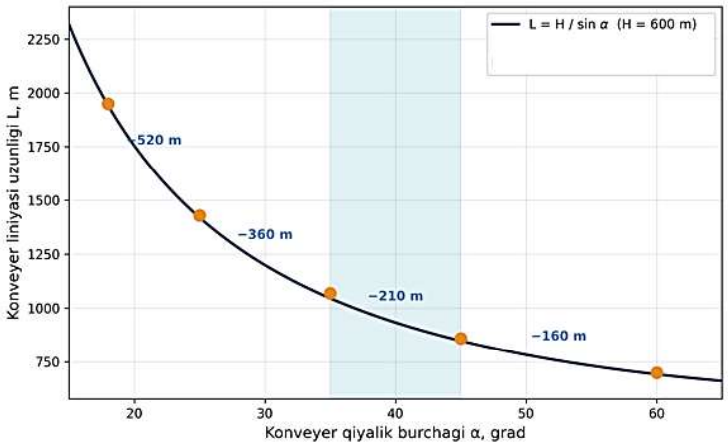
1-grafikdan ko‘rinadiki, qiyalik burchagi kichik qiymatlarda konveyer uzunligi keskin ortadi, burchakning oshishi bilan esa uning uzunligi kamayadi. Masalan, α = 20° bo‘lganda L ≈ 1754 m, α = 30° da L = 1200 m, α = 40° da esa L≈933 m ni tashkil etadi. Shunday qilib, konveyerning qiyalik burchagini oshirish ma’lum balandlikka ko‘tarish uchun talab qilinadigan transport yo‘li uzunligini qisqartirish imkonini beradi. Biroq qiyalik burchagining ortishi konveyerning yukni ko‘tarishga sarflaydigan energiyasi, lentaga ta’sir qiluvchi kuchlar va yuritma quvvatiga qo‘yiladigan talablarning o‘zgarishiga olib keladi. Shu sababli konveyerning optimal qiyalik burchagini faqat uning uzunligi bo‘yicha emas, balki **energiya sarfi, unumdorlik, yuritma quvvati va kon-texnik sharoitlar majmuasi asosida** aniqlash lozim.

Lentali konveyer transportini energiya sarfini hisoblash asosan gorizontal konveyer uchun va qiyalikdagi konveyerlar uchun hamda tik qiyalikli konveyerlar uchun alohida hisoblash ishlari olib boriladi.

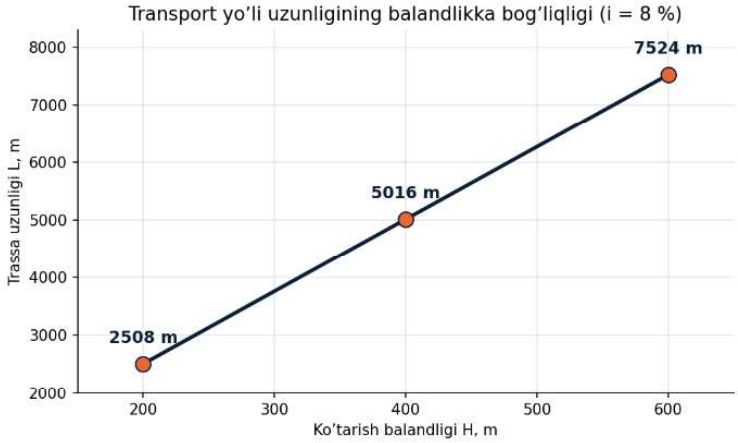
Avtomobil transporti energiya sarfi va undan chiqadigan CO2 gazi darajasini hisoblash.

Avtomobil transportining energiya sarfini hamda samaradorligini aniqlashimiz davomida 100 m dan 600 m chuqurlik darajalarini solishtirib ko‘rishimiz mumkin.

2-grafikdan ko‘rinadiki, qiyalik burchagi kichik qiymatlarda yo‘lning uzunligi keskin ortib bormoqda. Masalan, α=8% H=200m da L≈2508m H=400m bo‘lganda L≈5016 m, H=600 m bo‘lganda esa L≈7524 m ni tashkil etadi. Balandliklar o‘zgarishida energiya sarfi va CO_2 darajasini hisoblash uchun BelAZ 75180–75306 avtosamosvalining texnik ko‘rsatkichlari qabul qilindi hamda bir sikl davomiyligi hisoblangan bo‘lib qisqa hisoblash ishlari olib borildi.



1-grafik. *H balandlikda L uzunligini qiyalikga bog‘liqlik grafigi.*



2-grafik. *Avtomobil yo‘li uzunligini balandlikka bog‘liqligi.*

1-jadval.

(1) formula bo‘yicha uch balandlik varianti uchun hisob natijalari (diagrammalarning ma’lumotlar bazasi)

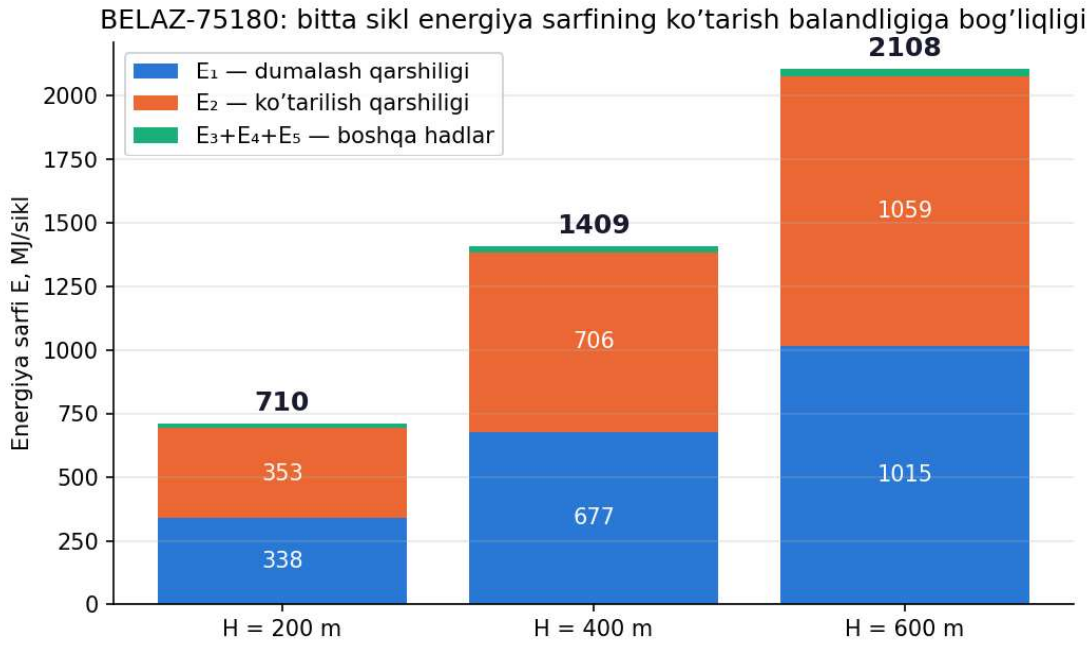
H, m	L, m	E_1, MJ	E_2, MJ	E3, MJ	E_4, MJ	E_5, MJ	E jami, MJ
200	2508	338,44	353,16	8,59	6,94	3,32	710,46
400	5016	676,89	706,32	8,59	13,88	3,32	1409,00
600	7524	1015,33	1059,48	8,59	20,82	3,32	2107,55

E1…E5 qiymatlari (3)–(6) formulalar asosida hisoblangan.

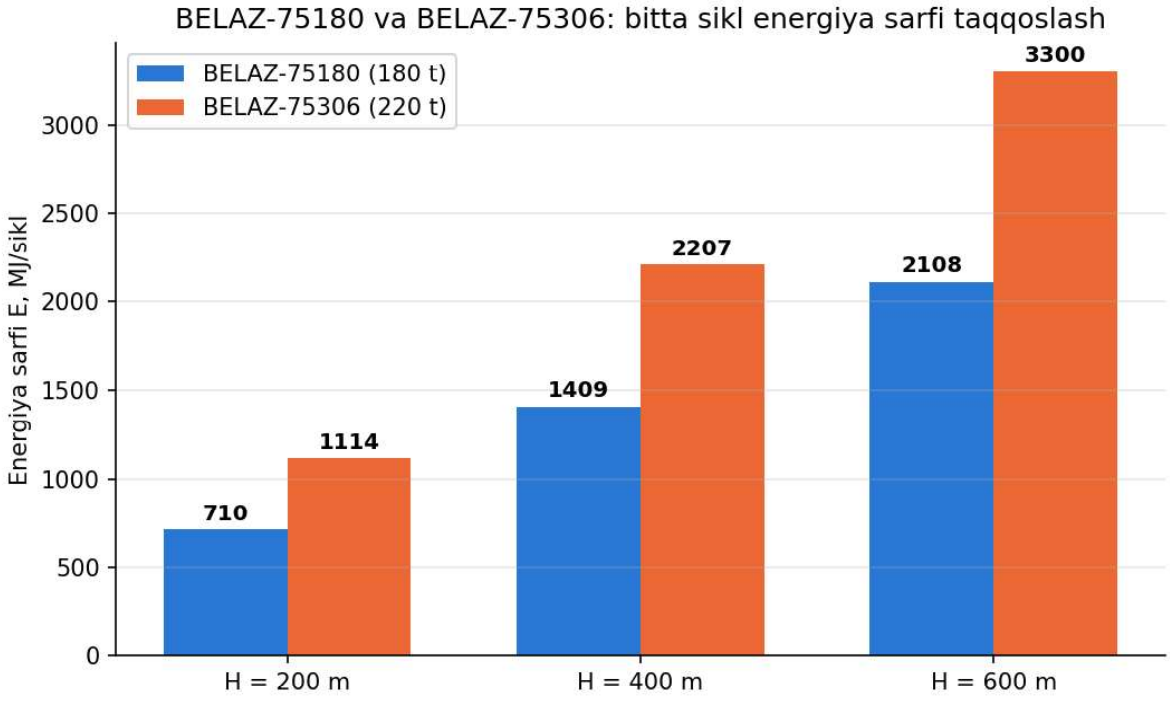
2-jadval.

Hosilaviy ko‘rsatkichlar

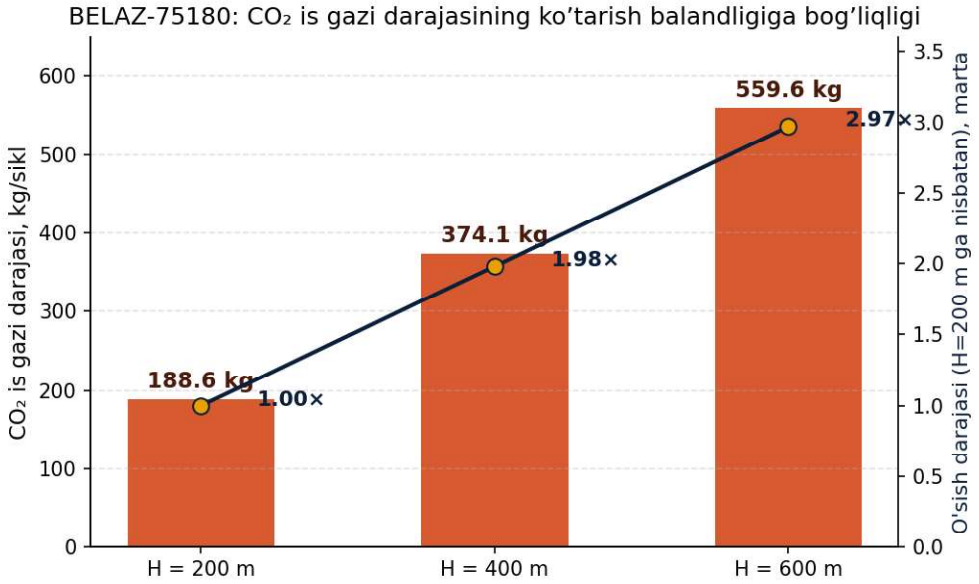
H, m	L, m	e, MJ/t	e′, MJ/(t·km)	Dizel, l/sikl	CO_2, kg/sikl
200	2508	3,95	1,57	70,7	188,6
400	5016	7,83	1,56	140,1	374,1
600	7524	11,71	1,56	209,6	559,6



1-diagramma. *Energiya sarfini ko'tarish balandligiga bog'liqligi.*



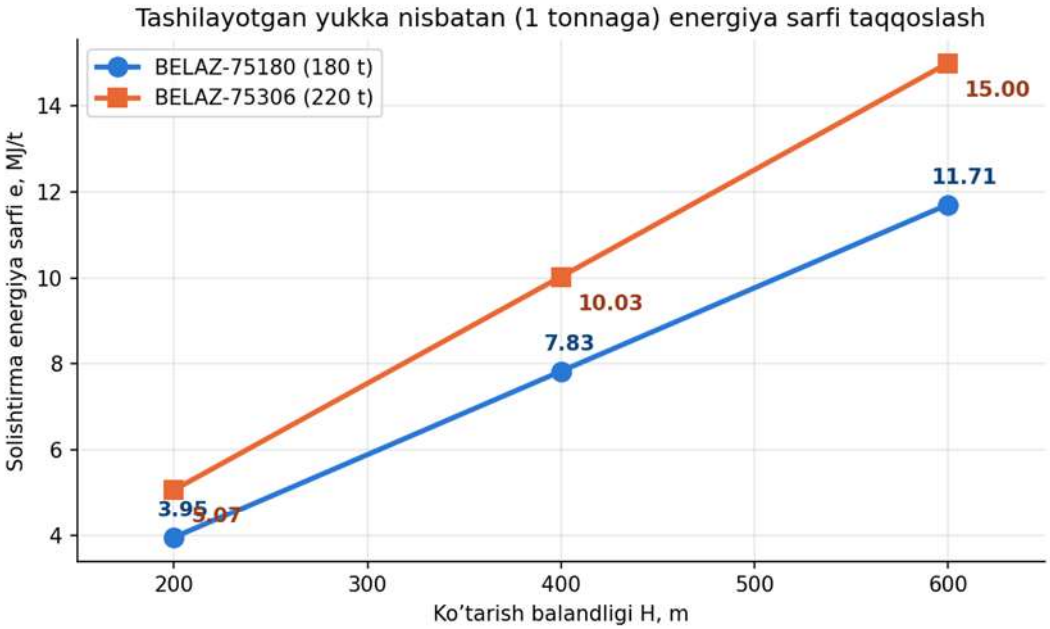
2-diagramma.
Yuk ko'tarish qobiliyati 180–220 tonnalik avtosamosvalning bitta siklda energiya sarfining taqqoslanishi.



3-diagramma. *CO2 gazi darajasini ko'tarilish balandligiga bog'liqligi.*

Hozirgi kunda konchilik korxonalariga yuk ko'tarish qobiliyati yuqori bo'lgan avtosamosvallar qo'llanilmoqda.

Konveyer transportining 1 t·km yukka to'g'ri keladigan ekspluatatsion xarajati avtomobil transportiga nisbatan bir necha barobar past [1]. Qiyosiy tadqiqotlarga ko'ra, IPCC tizimidan foydalanilganda umumiy qazib olish tannarxi ekvivalent ekskavator–avtosamosval majmualariga nisbatan taxminan 24% ga kam bo'ladi; konveyer transportining ekspluatatsion xarajati avtosamosval tizimining taxminan uchdan biriga teng, konning faoliyati davomidagi umumiy xarajat esa kapital qo'yilma hisobga olinganda ~50% ga kamayadi [2].



3-grafik*. Yuk ko'tarish qobiliyati 180–220 t bo'lgan avtosamosvallarning energiya sarfini taqqoslanishi.*

Muhokama

Ekskavator-avtomobil transportidan davriy-uzluksiz transportiga o'tish chegaralarini hamda o'tish asoslarini aniqlab olishimiz lozim bo'ladi buning uchun avtomobil transportining afzalligi, kamchiligidan tashqari energiya sarfini va avtomobil

dizel yoqilg‘isidan chiqayotgan CO2 gazining darajalarini ham inobatga olish zarur bo‘ladi. Ochiq kon korxonasi tabiiy shamollatilib konning chuqurligi oshib borgan sari tabiiy shamollatish qiyinlashib boradi. Shamollatish chegaralarini aniqlashda nisbiy chuqurlik ko‘rsatkichidan foydalaniladi [17].

$$p = \frac{H}{L} = \frac{H}{\sqrt{L_1 L_2}} \qquad (17)$$

bu yerda H – konning haqiqiy chuqurligi, L– kon konturining o‘rtacha uzunligi. L_1 shamollatish ishlari olib borilishi kerak bo‘lgan joyning uzunligi, L_2 kengligi.

$p < 0{,}1$ - tabiiy shamollatish sharoiti yaxshi;

$p \leq 0{,}1 p \leq 0{,}2$ tabiiy shamollatish biroz qiyin;

$p > 0{,}2$ - tabiiy shamollatish qiyin; ko‘rsatkichlar qabul qilingan [17].

Portlatish vaqtida karyerni shamollatish vaqtini aniqlash va o‘rganish uchun kompyuter modeli ishlab chiqilgan. Karyerning chuqurlashishi shamollatish vaqtining oshishiga olib kelishi aniqlangan [18]. Tabiiy shamollatish chuqurligini aniqlash har bir konning ko‘rsatkichlari asosida aniqlanishi kerak, chuqurligi; bort qiyaligi, asosiy o‘q uzunligi, tabiiy shamol tezligini inobatga olish shartligi keltirilgan [19]. Avtomobil transportining energiya sarfini hisoblashda va energiya sarfini ortib borishini maksimal ko‘tarilishi (2-grafikda) 80 ‰ lik qiyalikda chuqurlikni 200-600 metr balandlik berganimizda yo‘lning uzunligini oshishini ko‘rishimiz mumkin, qolaversa uzunlikka mos ravishda 1-diagrammada energiya sarflarini ham ko‘rishimiz mumkin. 3-diagrammada esa mos ravishda avtosamosvalda CO_2 gazining ortishi ham aniqlangan. Karyer chuqurligi oshganda energiya samaradorlikni oshirish maqsadida yuqori quvvatli avtosamosvallarni qabul qilish vaqtinchalik yechim bo‘lishini (3-grafik)da ko‘rishimiz mumkin samaradorlik 4% ligi aniqlandi. Konveyer transportini 600 m balandlikka ko‘tarishda L uzunligini (1-grafik) da ko‘rishimiz mumkin. Avtomobil transporti o‘z og‘irligini ko‘tarish uchun ham energiya sarflashi [2] keltirilgan bundan ko‘rishimiz mumkinki, konveyerda bu ko‘rsatkich yo‘qligini inobatga olsak konveyerni ustunligini beradi hamda uzluksiz harakatlanadi, elektr energiya iste’mol qilishi va CO2 gazining yo‘qligi ekologik tomondan ham ustunligini ko‘rishimiz mumkin.

Energetik samaradorlik. Konveyer sarflanadigan energiyaning 81% ini foydali yukni siljitishga sarflaydi, avtosamosvalda esa bu ko‘rsatkich atigi 39% ni tashkil etadi qolgan 61% mashinaning o‘z og‘irligini siljitishga ketadi [2]. Shuning uchun konveyer transporti birlik yuk massasiga sezilarli darajada kam energiya talab qiladi.

Ekologik ustunlik. Yoqilg‘ini almashtirish hisobiga IPCC CO_2 chiqindilarini sezilarli kamaytiradi: Braziliyadagi temir rudasi konida ikkita to‘liq ko‘chma IPCC tizimi yiliga taxminan 60 mln litr dizel sarfini, ya’ni ~130 000 t/yil CO_2 ni qisqartirgan [2]. Konveyerlar, shuningdek, shovqin va chang darajasini ham pasaytiradi.

Ish kuchi va xavfsizlik. IPCC ish kuchiga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi: to‘liq ko‘chma IPCC tizimi uchun ~80 kishi talab etilsa, bitta ultra-klass avtosamosval uchun yiliga ~7 kishi kerak bo‘ladi; demak IPCC taxminan 12 ta avtosamosvalni almashtira olsa, ish kuchi nuqtai nazaridan jozibador bo‘ladi [2]. Avtosamosvallar sonining kamayishi to‘qnashuvlar xavfini — ochiq kon ishlaridagi asosiy xavfsizlik omilini kamaytiradi [2,7].

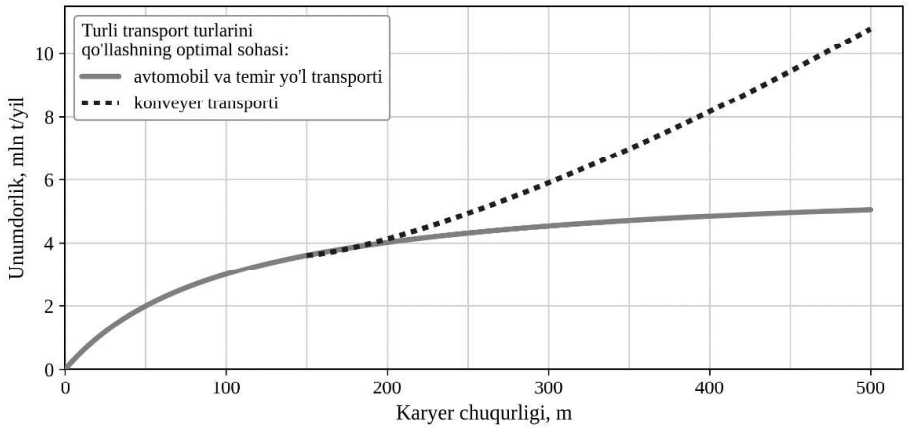
Maxsus konveyerlar. Siquvchi lentali tik qiya konveyer oddiy lentali konveyerga nisbatan ancha qulay: u avtomobil transportiga nisbatan solishtirma xarajatni deyarli ikki barobar tejaydi va chuqurlik ortishi bilan xarajatning o‘sish sur’ati sezilarli pasayadi [3]. Bunday konveyer qo‘shimcha katta hajmli kon-tayyorlov ishlarisiz o‘rnatilishi mumkin.

O‘tishning ilmiy asoslari va maqsadga muvofiq chegaralari

Davriy transportdan uzluksiz transportga o‘tishning iqtisodiy maqsadga muvofiqligi bir necha asosiy parametr bilan belgilanadi.

Balandlik farqi hal qiluvchi omil. Ko‘plab tadqiqotlarni umumlashtirgan holda, avtomobil, konveyer va davriy-uzluksiz texnologiyalar o‘rtasidagi tanlovga ta’sir etuvchi asosiy omil — qazib olish gorizontlari bilan ombor (yuklash punkti) orasidagi balandlik farqi ekanligi aniqlangan [1]. Bu farq qancha katta bo‘lsa, yukni yer yuzasiga ko‘tarishda konveyer transporti va butun karyer uchun DUT shuncha samarali bo‘ladi [1].

Karyer chuqurligi bo‘yicha chegara. Ko‘plab tadqiqot va ekspluatatsion ma’lumotlar karyer 180–200 m chuqurlikka yetganda davriy-uzluksiz texnologiyaga o‘tish iqtisodiy maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi; yillik unumdorlik 4 mln t dan ortiq va chuqurligi 180–200 m dan oshgan karyerlarda an’anaviy transport o‘rnini konveyer transporti egallaydi (1-rasm) [3]. Zamonaviy transport mashinalari bu ko‘rsatkichni biroz oshirish tomonga o‘zgartiradi, biroq DUTni joriy etish samaradorligi fakti o‘zgarmaydi [3].



1-rasm. *Konveyer transportining avtomobil va temir yo‘l transportiga nisbatan afzal qo‘llanish sohasi (karyerning yillik unumdorligi va chuqurligiga bog‘liq)* [3]

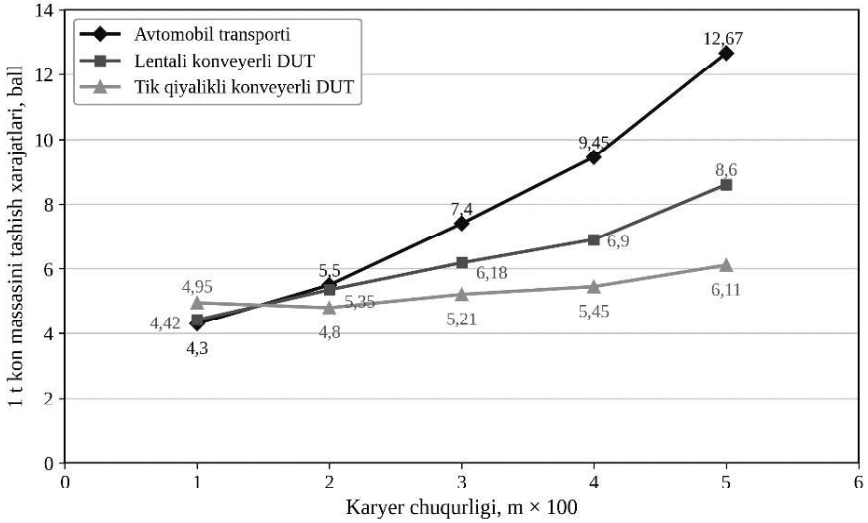
Xarajatlarning chuqurlik bo‘yicha dinamikasi. O‘rtacha chuqur karyer (500 m) uchun hisoblar shuni ko‘rsatadiki, lentali konveyerli DUTda tashish xarajati karyer chuqurligi 100–150 m bo‘lganda avtomobil transportidagidan yuqori; chuqurlik ortishi bilan xarajatlar avval avtomobil transportiga teng bo‘lib, so‘ngra ancha kamayadi. Xarajat pasayish sur’ati har 100 m chuqurlikka 15–20% ni tashkil etadi (2-rasm) [3]. Shu bilan birga, lentaning, yuritmalarning va qayta yuklash punktlarining qiymatlari ortishi sababli DUTning o‘zida solishtirma xarajatlar ham asta-sekin o‘sib boradi [3,20,25].

Energiya intensivligi. Turli transport turlarining solishtirma energiya intensivligi (P) trassa qiyaligiga bog‘liqligi tahlili konveyer transporti energiya intensivligi avtomobil va temir yo‘l transportiga nisbatan eng past ekanligini ko‘rsatadi (3-rasm) [1].

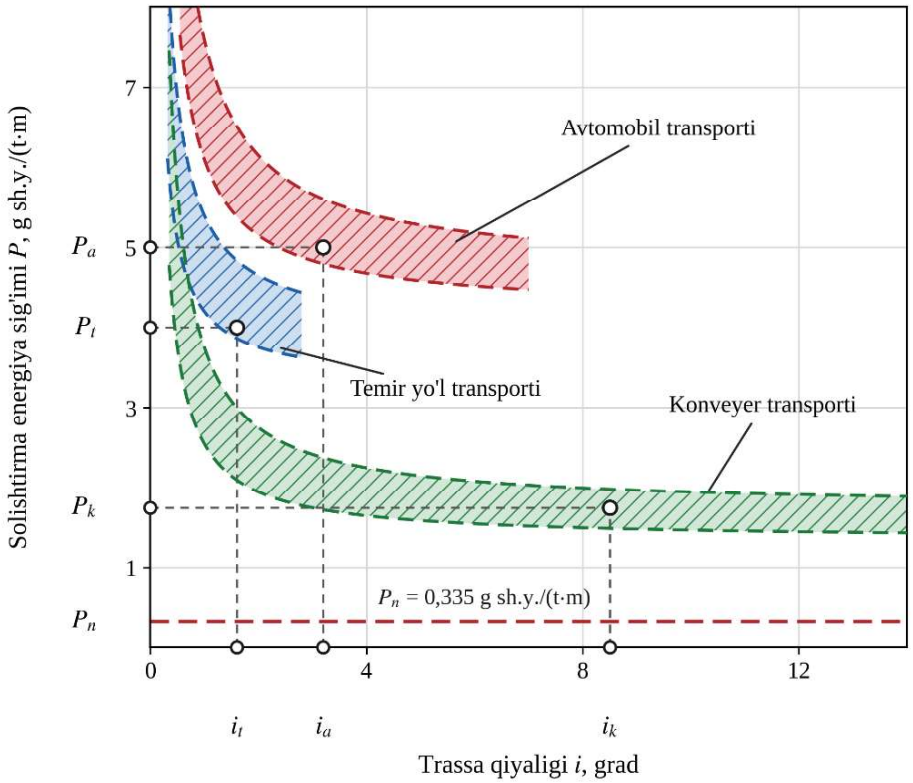
Avtomobil transportini ratsional qo‘llash. DUT joriy etilganda asosiy yuk oqimi yo qiyalik bo‘ylab pastga, yo gorizontal yo‘nalishda harakatlanadi; bu esa avtosamosvallarni eng samarali sharoitda — tashish masofasini 0,5–2 km gacha qisqartirgan holda — ishlatish imkonini beradi [1]. Demak, DUT avtomobil transportini butunlay siqib chiqarmaydi, balki uni eng samarali sohada saqlab qoladi.

O‘zbekiston konlarida qo‘llanilishi

Davriy-uzluksiz texnologiyaning O‘zbekiston konlarida qo‘llanilishi alohida amaliy ahamiyatga ega. Muruntau (Navoiy KMK) karyerida siquvchi lentali tik qiya konveyer karyer borti bo‘ylab o‘rnatilgan bo‘lib, DUTning yirik amaliy namunasi hisoblanadi (4-rasm) [3]. Shuningdek, gazodizel rejimiga o‘tkazilgan CAT-785B avtosamosvalining Muruntau karyeridagi sinovi zararli chiqindilarni ekspluatatsiya sharoitiga qarab 30–60% ga kamaytirgani qayd etilgan [3].



2-rasm. *Davriy-uzluksiz texnologiyada tashish solishtirma xarajatining karyer chuqurligiga bog‘liqligi (tik qiya konveyer va oddiy lentali konveyer)* [3]



3-rasm. *Karyer transporti turlarining solishtirma energiya intensivligi (P) ning trassa qiyaligiga (i) bog‘liqligi* [1]

Olmaliq (AGMK) mis-molibden karyerlari Qalmoqir va Yoshlik chuqurlashib, quvvati ortib borayotgani sababli DUT elementlarini joriy etish zaruriyatini keltirib chiqarmoqda [22, 23, 25]. Mazkur konlar sharoitida transport tizimini takomillashtirish, maydalagich–konveyer majmualarini joriy etishning optimal chuqurlik va hajm chegaralarini aniqlash hamda kapital qo‘yilmalar samaradorligini baholash dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi [21,23,24].



4-rasm. *Muruntau karyerida (O‘zbekiston) siquvchi lentali tik qiya konveyer: a- konveyerning karyer borti bo‘ylab joylashuvi; b - chiziqli seksiyalar joylashuvi [3]*

Xulosa

1. Karyer chuqurligi ortishi bilan davriy (ekskavator–avtosamosval) transportning samaradorligi pasayadi: tashish masofasi, yoqilg‘i sarfi, ekspluatatsion xarajatlar va ekologik yuk keskin oshadi. Avtomobil transporti tashish masofasi 2–2,5 km dan oshmaganda eng samarali hisoblanadi.

2. Uzluksiz (maydalash–konveyer) transport past ekspluatatsion xarajat, yuqori energetik samaradorlik (foydali yukka energiyaning 81% i) va ekologik ustunlik bilan ajralib turadi; IPCC umumiy qazib olish tannarxini taxminan 24% ga, konning ishlash davomidagi xarajatni esa ~50% ga kamaytirishi mumkin.

3. Davriy transportdan uzluksiz transportga o‘tishning maqsadga muvofiqligi asosan qazib olish gorizonti bilan ag‘darma orasidagi balandlik farqi va karyer chuqurligi bilan belgilanadi; iqtisodiy chegara taxminan 180–200 m chuqurlik (va yillik 4 mln t dan ortiq hajm) ni tashkil etadi.

4. O‘zbekiston tajribasi (Muruntau karyeridagi tik qiya konveyer) davriy-uzluksiz texnologiyaning samaradorligini amalda tasdiqlaydi; Olmaliq karyerlarining chuqurlashishi DUTni joriy etish zaruriyatini oshiradi.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПЕРЕХОДА ОТ ЦИКЛИЧНЫХ К НЕПРЕРЫВНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СИСТЕМАМ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГОРНОЙ МАССЫ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Аннакулов Т.Ж., Эшонкулов К.Э.

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан

АННОТАЦИЯ В статье проанализировано научно-техническое и экономическое обоснование перехода от транспорта цикличного действия к транспорту непрерывного действия при транспортировании горной массы на открытых горных работах. Показано, что с увеличением глубины карьера эксплуатационные затраты, расход топлива и экологическая нагрузка автомобильного транспорта резко возрастают, тогда как поточный (конвейерный) транспорт отличается низкими эксплуатационными затратами и высокой энергетической эффективностью. На основе мирового и регионального опыта (разрезы «Бородинский» и «Павловский», карьер «Мурунтау»), а также современных сравнительных исследований обобщены целесообразные границы перехода на циклично-поточную технологию — по глубине карьера, разности высотных отметок между рабочим горизонтом и отвалом, дальности транспортирования и годовому объёму производства. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании транспортных систем карьеров Узбекистана.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА Открытые горные работы, карьерный транспорт, циклично-поточная технология, ленточный конвейер, карьерный автосамосвал, себестоимость транспортирования, энергоёмкость, глубина карьера.

SCIENTIFIC FOUNDATIONS OF TRANSITIONING THE ROCK MASS HAULAGE TECHNOLOGY AT OPEN-PIT MINES FROM CYCLIC TRANSPORT TO A CONTINUOUS TRANSPORT SYSTEM

Annaqulov T.J., Eshonqulov K.E.

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT The paper analyzes the scientific and techno-economic rationale for transitioning from discontinuous haulage to continuous haulage of mined rock in open-pit mining. It is shown that, as pit depth increases, the operating costs, fuel consumption, and environmental impact of truck haulage rise sharply, whereas continuous conveyor transport is characterized by low operating costs and high energy efficiency. Drawing on international and regional experience (the Borodinsky and Pavlovsky open-cast coal mines and the Muruntau open-pit mine) and on recent comparative studies, the rational boundaries for the transition to in-pit crushing and conveying

technology are generalized with respect to pit depth, the elevation difference between the working horizon and the waste dump, haulage distance, and annual production volume. The findings can be used to improve the haulage systems of open-pit mines in Uzbekistan.

KEYWORDS Open-pit mining, open-pit haulage, in-pit crushing and conveying, belt conveyor, haul truck, haulage cost, energy intensity, pit depth.

REFERENCES

1. Фёдоров А.В., Горев Д.Е. Использование циклично-поточных технологий на добыче угля в целях повышения операционной эффективности работы разрезов. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014.С. 131–140.

2. Bao, H.; Knights, P.; Kizil, M.; Nehring, M. Electrification Alternatives for Open Pit Mine Haulage. *Mining* 2023, *3*, 1-25. https://doi.org/10.3390/mining3010001

3. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Обоснование областей эффективного применения специальных видов конвейеров на карьерах.Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. С. 400–410.

4. Гавришев С.Е., Кольга А.Д., Пыталев И.А., Попова Т.М. Повышение эффективности использования автосамосвалов в условиях карьеров на открытых горных работах. Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2019. Вып. 3. С. 161–170.

5. Nehring M., Knights P.F., Kizil M.S., Hay E. A comparison of strategic mine planning approaches for in-pit crushing and conveying, and truck/shovel systems. International Journal of Mining Science and Technology.2018.Vol. 28.P. 205–214.

6. Osanloo M., Paricheh M. In-pit crushing and conveying technology in open-pit mining operations: a literature review and research agenda. International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2020. Vol. 34. P. 430–457.

7. Abbaspour H., Drebenstedt C., Dindarloo S.R. Evaluation of safety and social indexes in the selection of transportation system alternatives (Truck-Shovel and IPCCs) in open pit mines. Safety Science. 2018. Vol. 108. P. 1–12.

8. Dean M., Knights P., Kizil M.S., Nehring M. Selection and planning of fully mobile in-pit crusher and conveyor systems for deep open pit metalliferous applications. Proceedings of the Third International Future Mining Conference. Sydney, 2015.P. 219–225.

9. Норов Ю.Д., Умаров Ф.Я., Заиров Ш.Ш., Насиров У.Ф. Новые прогрессивные технологические решения циклично-поточной технологии в карьере Мурунтау // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2014. № 33. С. 245–248

10. Bodziony, P.; Patyk, M. The Influence of the Mining Operation Environment on the Energy Consumption and Technical Availability of Truck Haulage Operations in Surface Mines. *Energies* 2024, *17*, 2654. https://doi.org/10.3390/en17112654.

11. Kecojevic, V., & Komljenovic, D. (2010). Haul Truck Fuel Consumption and CO_2 Emission under Various Engine Load Conditions. *Mining Engineering, 62,* 44-48.

12. Volintiru, O.N.; Mărășescu, D.; Coșofreț, D.; Popa, A. Aspects Regarding the CO_2 Footprint Developed by Marine Diesel Engines. *Fire* 2025, *8*, 240. https://doi.org/10.3390/fire8060240.

13. Black, S., Chen, R., Mineshima, A., Mylonas, V., Parry, I. W., & Prihardini, D. (2021). Scaling up Climate Mitigation Policy in Germany. *IMF Working Papers*, *2021*(241). Retrieved Aug 24, 2026, from https://doi.org/10.5089/9781513594958.001

14. Tavakoli Mohammadi, Mohammad Reza & Hashemi, Seyed & Moosakazemi, Farhad. (2011). Review of the in-pit crushing and conveying (IPCC) system and its case study in copper industry.World Copper Conference. – 2011. 10/24

15. Tailpipe Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle : EPA-420-F-23-014 U.S. Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality. – Washington, DC : U.S. EPA, 2023.

16. Eggleston, Simon & Buendia, L & Miwa, Kunihisa & Ngara, Todd & Tanabe, Kiyoto & Wagner, Fabian. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 Energy.

17. Wang Y, Du C, Xu H. Key Factor Analysis and Model Establishment of Blasting Dust Diffusion in a Deep, Sunken Open-Pit Mine. ACS Omega. 2020 Dec 22;6(1):448-455. doi: 10.1021/acsomega.0c04881. PMID: 33458496; PMCID: PMC7807780.

18. Амосов П.В., Бакланов А.А. Численное моделирование процессов естественного проветривания карьера при вариации его глубины в условиях инверсионного состояния атмосферы. Горная промышленность. 2023;(5S):65–71. https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5S-65-7.

19. Chen Z, Du C, Wang J, Wang Y. Influence of Recirculation Flow on the Dispersion Pattern of Blasting Dust in Deep Open-Pit Mines. ACS Omega. 2023;8(34):31353-31364. Published 2023 Aug 21. doi:10.1021/acsomega.3c03528

20. T.J. Annakulov. Development of technological schemes for open-pit mining of deposits using “Mobile crushing-reloading-conveyor complexes”. E3S Web of Conferences 201.01010 (2020). Ukrainian School of Mining Engineering - 2020.https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101010.Google Scholar

21. T. J. Annakulov, S. B. Gaibnazarov, O. A. Kuvandikov, F. O. Otajonov, B. O. Otajonov; Development of a methodology for determining the economic efficiency of cyclic-flow technology schemes for rock mining using mobile crushing and reloading-conveyor complexes. AIP Conf. Proc. 16 June 2022; 2432 (1): 030115. https://doi.org/10.1063/5.0089668

22. Toshov J.B., Annaqulov T.J., Quvondiqov O.A. &Eshonqulov K. Calculation of the service life and assessment of the reliability of conveyor rollers under the conditions of the Angren coal mine. Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR), 2021; Vol.10, Issue 3: 365-370. http://doi.org/10.5958/2278- 4853.2021.00139.7

23. Annakulov Tulkin, Eshonqulov Kamoljon, Mamatov Dostonbek. Application of belt conveyors and determination of the main parameters of mobile complexes for the transportation of overburden rocks of the Angren coal mine. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2021;Volume9.No. 4:383-389. https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/08942021

24. Annakulov T., Gaibnazarov S., Askarov A., Mamadieva L. Prospects for the use of cyclic-flow technology for the transportation of rocks at the Yoshlik-1 quarry of JSC Almalyk mining and metallurgical combine. E3S Web of Conferences. 2023; 414:06007.https://doi. org/10.1051/e3sconf/202341706007.

25. K.E.Eshonkulov, & Sh.Sh.Matkasimova (2024). Design analysis of bearing units of conveyor rollers. Science and Education, 5 (6), p. 87-95.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Annakulov Tulkin Jovbekovich — PhD, Associate professor of the department of Mining Electromechanics; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan. E-mail: a.tulkin1275@yandex.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3106-144X

Eshonqulov Kamol Eshniyoz ugli — PhD Doctoral Researcher in Mining Machinery (Specialty 04.00.16), Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 2 Universitet Street, 100095, Tashkent, Uzbekistan.E-mail:kamoljoneshonqulov1993@gmail.com
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-8291-5585

THE INFORMATIVENESS OF ROUTINE MONITORING OF MINE ATMOSPHERE COMPOSITION WHEN THE DIESEL FACTOR IS DOMINANT IN CALCULATING AIR CONSUMPTION

Makhmudov A., Akhmedov S.T.
Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

Doi: 10.5281/zenodo.23663183

ABSTRACT

This article discusses how the required air volume for ventilating a mine that operates self-propelled diesel equipment is determined by calculating the installed engine power, and how the adequacy of the actual air supply is verified by monitoring the composition of the mine atmosphere. If the list of monitored components does not correspond to the list of substances for which the air is supplied for dilution, the verification of the calculation becomes a mere formality. The study aimed to evaluate the informative value of routine monitoring of the mine atmosphere composition as it relates to the task of diluting diesel engine exhaust products and to determine under what conditions the monitored components are capable of detecting concentrations exceeding the limit values. Actual air composition records from 24 measurement points in two ventilation shafts were used during the course of the research. A two-parameter model of the mixing of undiluted exhaust gases with mine air was developed, linking the decrease in the volume fraction of oxygen to the