

Үзілмелі-толассыз технологияның басты көтергішін оңтайлы орнату

ҚҰЛНИЯЗ Серік Сағынұлы, т.ғ.д., профессор, kulnyaz@mail.ru,

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, 030000, Ақтөбе, Ә. Молдағұлова даңғылы, 34.

Аңдатпа. Терең кенді аршықтарда, үзілмелі-толассыз технологияның бейімделуінің зерттеулер нәтижелері берілген. Конвейерлік жүк көтергішті тік құлама және жайпақ орда орналастыру кезіндегі тау-кен даярлау жұмыстарының көлемдерін салыстыру нәтижесінде, тік құлама ордың тау-кен құрылыс жұмыстарының көлемі төрт есе аз екені анықталды. Тау-кен даярлау жұмыстарының графигі көрсетілген. Конвейерлік жүк көтергіштің аршық тереңдігіне байланысты келтірілген шығындардың графигі бейнеленген.

Кілт сөздер: үзілмелі-толассыз технология, терең аршықтар, тік еңкішті конвейер, үлестік шығындар, зерттеу.

Кіріспе

Ашық кеніштерде қолданатын үзілмелі, үзілмелі-толассыз және толассыз технологиялардың негізгі өндірістік үдерістерінің қарқыны әртүрлі дәрежеде орындалады.

Кенді өндіру технологияның дамуына және қолданыстағы тау-кен жабдықтар қуатының өсуіне байланысты, ашық тәсілмен кенді өндірудің мүмкіндігі жоғарылауда және аршықтардың тереңдігі қарқынды ұлғаюда.

Ресей Ғылыми Академиясының Орал бөлімшесінің Тау-кен ісі институты терең аршықтардың тәжірибесін зерттеу нәтижесінде, аршық әр 100 метрге тереңдеген сайын тасымалдауға жұмсалатын қаражат қоры 1,5 есеге, ал 1 т кен массаны тасымалдауға қажетті электр қуаттың мөлшері 2,5 квт. сағ-на өсуі анықталынған [1].

Терең аршықтардың жүкті тасымалдау қашықтығы да жоғарылайды, соған сәйкес қаражат шығыны да өседі, егер орташа және кішігірім аршықтардың тасымал жұмыстардың шығыны, жалпы шығындардың 40-50%-на тең болса, ал тереңдігі 400-500 м аршықтың, жүкті тасымалдауға қаражат шығыны 65-70%-ға дейін жоғарылайды [2].

Терең аршықтардың төменгі деңгейжиектерінде қолдануға тиімді және кең таралған автокөліктің шығыны өсуде, зерттеулердің мәліметтері бойынша автокөлік қуатының 40%-ы ғана пайдалы жұмысқа жұмсалады, ал қалған 60%-ы өзін-өзі жылжыту үшін пайдалануда.

Сонымен, келтірілген мәліметтерді ескерсек, қазіргі кезде қолданатын жетік көлік түрлерінен құрастырылған технологиялық тәсімдердің экономикалық тиімділігі төмендеуде. Ашық тәсілмен кенді өндірудің экономикалық тиімділігін

жоғарылату жолдарының бірі, ол үзілмелі-толассыз технологияға ауысу.

Бүгінгі таңда кенді өндіруге арналған техниканың және технологияның дамуына байланысты, құрамалы көлік түрін пайдаланып үзілмелі-толассыз технологияға ауысуға мүмкіндік бар. Үзілмелі-толассыз технология қалыптасқан технологияның орнын айтарлықтай толтыра алады.

Бұл технология бойынша кенді өндіру барысында белгілі екі технологиялық тәсімдер қолданады.

1. Аршықтағы үйілімнің үңгубетінен экскаватормен автоөзітүсіргішке тиелген кен масса тұрақты, жартылай тұрақты, не жылжымалы ұсатқыш қондырғыға жеткізіледі.

2. Аршықтағы үйілімнің үңгубетінен кен масса экскаватормен өзіжүргі ұсатқышқа тиеледі.

Ұсатылған кен масса конвейерлер жүйесімен аршық жаңындағы қоймаларға тасымалданады.

Бүгінгі таңда үзілмелі-толассыз технологияны бірінші кезекте терең аршықтарда қолдануға қажетті жағдайлар пайда болуда:

- біріншіден, терең аршықтарды тиімді қазуға басқа бәсекелес технологияның түрі жоқтың қасы;

- екіншіден, қажетті жабдықтарды Ресей мен Украина, не алыс шет елдерден сатып алуға болады.

Зерттеу нәтижелері

Үзілмелі-толассыз технологияны (УТТ) қолдану арқылы, ашық тәсілмен кенді өндірудің техника-экономикалық көрсеткіштерін жоғарылатуға толық мүмкіндік бар. Бұл технологиядағы құрамалы көліктің өнімділігі, яғни автомобильді-конвейерлі көліктің, жекеленген автокөлікпен салыстырсақ 20-25%-ға жоғары, ал оның жөндеуге

токтатылмай, көліктің ауысым бойынша пайдалану коэффициенті 20%-ға дейін жоғары болады. Сенімділігі жоғарылап пайдалану коэффициенті 0,7-ден 0,9-ға дейін жоғарылайды [3].

Аршық әр 100 м-ге тереңдеген сайын, автомобильді-конвейерлі көліктің өнімділігі 3-5%-ға дейін төмендейді, ал конвейерлі көлікті пайдалану нәтижесінде кен массаны тасымалдаудың өзіндік құны тек қана 5-6%-ға дейін жоғарылайды [2].

Тау-кен өндірісіндегі қалыптасқан үзілмелі технология кез келген тау-кен геологиялық жағдайларда пайдаланса, толассыз технологияны әдетте, көмір өндіретін тіліктерде қолданады. Үзілмелі-толассыз технологияны тереңдігі 300 м-ден жоғары аршықтарда қолдануға тиімді.

Бүгінгі таңда үзілмелі-толассыз технология Өзбекстанның Мұрынтау аршығында қолданады және де Мұрынтаудың тәжірибесі әлемдік деңгейде озық қатарына кіреді [6,10].

Үзілмелі-толассыз технологияның ерекшелігі, аршықтың жұмыс аймағында, қосымша технологиялық үдерістің пайда болуымен анықталады. Бұл үдеріс, кен массаны конвейерлі таспаға тиеу алдында, оны қосымша ұсатумен сипатталады. Алғашқы жарылыс жұмыстардан кейін пайда болған кен массаның көлемі, конвейерлі көлікпен тасымалдауға қолайсыз, сондықтан екінші кезекте кен масса ұсатқыш – қайта тиеу қондырғының құрамындағы ұсатқышпен ұсатылып, конвейермен тасымалдауға дайындалады.

Үзілмелі-толассыз технологияның құрамындағы ұсатқыш – қайта тиеу қондырғылар жалпы кенді қазудың тиімділігіне елеулі ықпалын тигізеді. Жоғарыда айтылғандай олар құрылмасына қарай тұрақты, жартылай тұрақты және жылжымалы болады [4]. Бұл қондырғылар үзілмелі-толассыз технологияның тәсімдерінің икемділігін және динамикалық дәрежесін жоғарылатады. Қолдануға қажетті ұсатқыштың түрі, оны ауыстыру қадамы тасымалданатын жүктің көлемін ескеріп, таңдалады.

Ресей Ғылыми Академиясының Орал бөлімшесінің Тау-кен ісі институтының зерттеу жұмыстарын талдау нәтижесінде, терең ашық кеніштердің негізгі даму бағыттары болып саналады [5]:

- конвейерлі көтергіштерді орнату еңісін жоғарылатуға мүмкіндік туғызатын жаңа тау-кен тасымалдау жабдықтардың түрлерін жасау және өндіріске енгізу;

- қайта тиеу қондырғыларды жылжытуға болатын және қолдануға икемді арнайы іс әрекеті үздіксіз көлік құралдары.

Бұндай жабдықтар қатарына жатады:

- орнату еңісі 30°-дан жоғары көтергіш конвейерлер;

- жылжымалы қайта тиеу қондырғылар.

Үзілмелі-толассыз технологияның артықшылықтары жүзеге асырылады, егер оның құрамы тік еңкішті конвейерлі көтергіштен және жылжымалы – ұсатқыш қайта тиеу қондырғыдан жа-

сақталса. Бүгінгі таңда тік еңкішті конвейерлер дүние жүзінің 50-ден астам ашық кеніштерінде қолданылады. Қалыптасқан конвейерлерге қарағанда, жүк тік еңкішті конвейерлермен 30-50° еніс бойында тасымалданады, соның нәтижесінде күрделі тау-кен жұмыстарын елеулі көлемге азайтуға болады.

Ресейдің Костомукша аршығында үзілмелі-толассыз технологияны пайдалану нәтижесінде құрылыс жұмыстар көлемі 5 млн м³ қысқартылған, ал аршық алабындағы аршу жұмыстар көлемі 18 млн м³ азайған. Қалыптасқан үзілмелі технологиямен салыстырғанда, жалпы ашық кеніштер тәжірибесінен анықталған мәліметтер бойынша күрделі тау-кен жұмыстар көлемі 3-5 есеге дейін азаяды, дизельді отын 2-3 есеге, ал шаң және зиянды газдар көлемі 40-50% азаяды [7].

Полтава ТКБ комбинатында жылжымалы қайта тиеу қондырғы ретінде «Крупн» фирмасының ұсатқыш-конвейерлі кешенін қолданады. Бұл кешеннің құрамында жылдық өнімділігі 12 млн т ұсатқыш, ұзындығы 508 м конвейер, жебесінің ұзындығы 38 м үйінділеуіш және қоймадағы конвейердің ұзындығы 273 м қолданылады. Ұсатқыш қондырғы қажетті кезде шынжырлы тасымалдауышпен жаңа орнына көшіріледі. Қабылдау шанабы таспалы қоректендіргішпен жабдықта-лынған [9].

Үзілмелі-толассыз технологияны қолдану кезінде басты көтергіш конвейер, әдетте аршықтың жұмыстан тыс жағдайында бойлық профилі 15-18°-тең диагональ бойынша үңгіленген орда орнатылады. Төменгі 1-суретте үлгі ретінде тік құлама және жайпақ орлар бейнеленген.

Басты көтергіш конвейер орналасатын ордың бойлық профилі жоғарылануына байлаңысты, күрделі тау-кен жұмыстар көлемі елеулі шамаға азаяды, және осы ұсынысты дәлелдеу үшін келесі есептеулердің нәтижесінде, құрастырылған график арқылы ордың тиімді түрін анықтауға болады.

Құрылыс және тау-кен даярлау жұмыстар көлемі мен қаражат шығының азайту мақсатымен басты көтергіш конвейер орналасатын ордың (1-сурет, а) еңісін 40°-қа тең деп қабылдаймыз.

Ордың тиімді түрін анықтау үшін қолданатын келесі бастапқы мәліметтер:

- Ұсатқыш қайта тиеу қондырғының аршықта орналасатын тереңдігі – 200 м;

- Тік құлама ордың еніс бұрышы – 40°;

- Аршықтың жұмыстан тыс жағдайының еңкею бұрышы – 45°;

- Ор табанының ені – 7 м;

- Ор қиябетінің бұрышы – 60°.

Тік құлама ордың көлемін анықтау үшін келесі формуланы пайдаланамыз [3].

$$V_r = H^2 (ctgi - ctg\gamma_*) \left[\frac{b}{2} + \frac{H}{3} (ctgi - ctg\gamma_*) \frac{ctg\alpha}{ctgi} \right], \quad (1)$$

мұнда H – ордың ұзындығы, м.

i – ордың еніс бұрышы;

γ_* – аршықтың жұмыстан тыс жағдайының еңкею бұрышы;

b – ор табанының ені;

α – ор қиябетінің бұрышы.

Диагональ бойынша орналасатын ордың (1-сурет, б) көлемі келесі формула арқылы есептеледі:

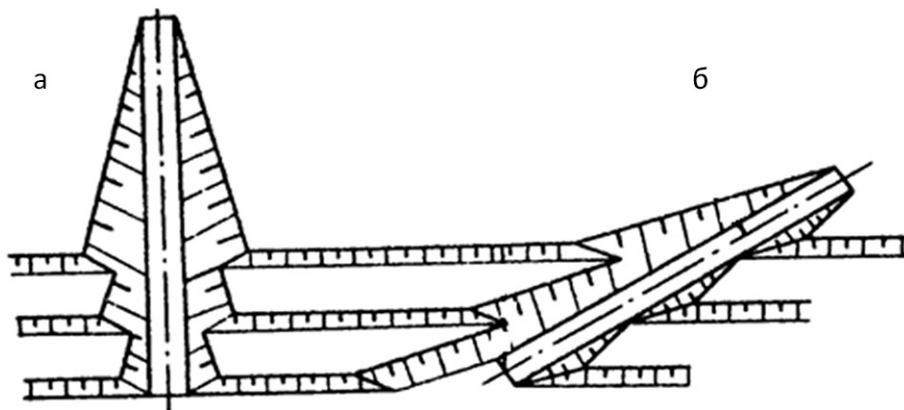
$$V_n = \frac{H^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{H}{3 \operatorname{tg} \alpha} \right) - \frac{H^2}{\operatorname{tg} \alpha} \left(\frac{b}{2} + \frac{H}{2 \operatorname{tg} \alpha} \right). \quad (2)$$

2-суретте есептеулердің нәтижесінде пайда болған тау-кен даярлау жұмыстарының графигі бейнеленген.

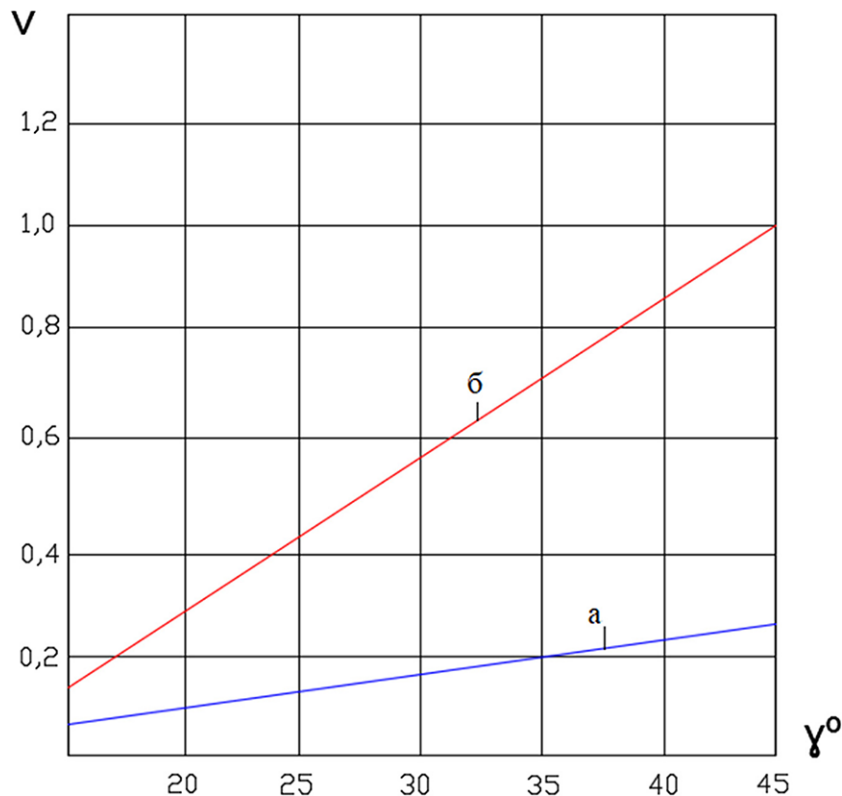
Есептеулер бойынша [8, 11], конвейерлі кө-

тергінің орнату бұрышының жоғарылауына байланысты негізгі техника-экономикалық көрсеткіштерінің өзгермегені не бәсеңдеп азайғаны байқалды. Мұндай жағдайда күрделі тау-кен жұмыстардың шығындарының қарқынды азайғаны анықталды. Осыған байланысты жалпы ұсатқыш-конвейерлі кешеннің қосынды күрделі және тұтынымдық шығындарының төмендеуі анықталды. Кен массаны көтеру биіктігіне қарай шығындардың төмендеу қарқынын 3-суреттегі графиктер арқылы байқауға болады.

Әлбетте конвейерлі көтергіштің орнату бұрышы 18° -тан 60° -қа дейін өсуіне қарай күр-

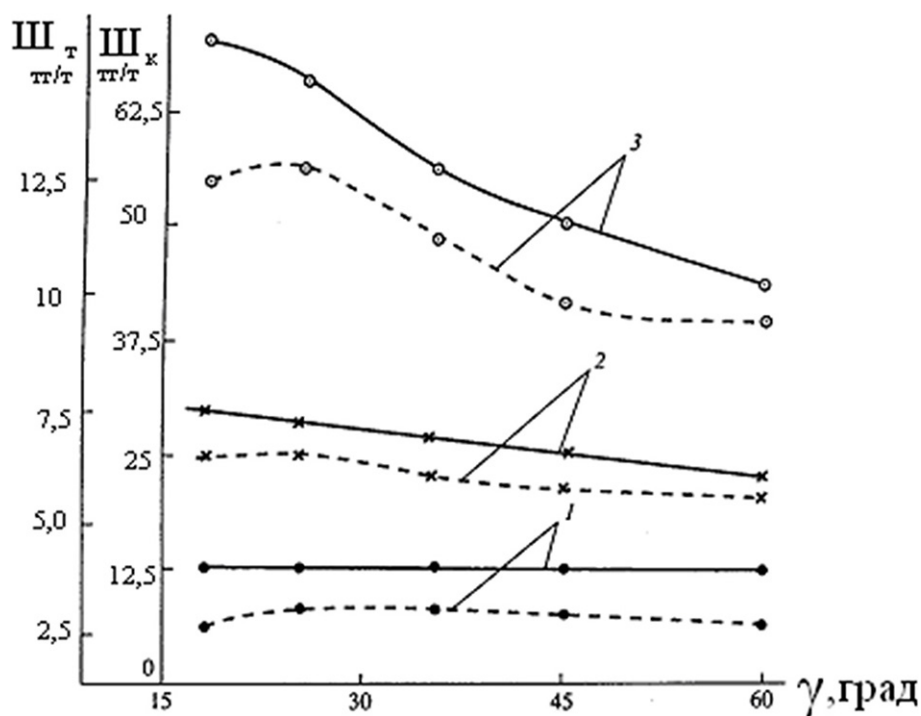


1-сурет – Аршық жағдайында үнгіленген, тік құлама (а) және диагональ бағыттағы жайпақ ор (б)



а – Басты көтергіш тік құлама орда орнатылса; б – Басты көтергіш бойлық профилі 15° -қа тең құлама орда орнатылса

2-сурет – Тау-кен даярлау жұмыстарының графигі



Үлесті пайдалану шығындары: конвейерлі көтергінің орнату бұрышы, град. 1, 2, 3 – кен массаны көтеру биіктіктері 100, 300, 600 м-ге сәйкес

3-сурет – Ұсатқыш-конвейерлі кешеннің көтергі конвейерлік таспаның орнату бұрышына қарай үлесті күрделі және пайдалану шығындардың өзгеруінің графиктері

делі тау-кен жұмыстардың шығындары 16-49% аралығында азаюда. Осыған байланысты жалпы ұсатқыш-конвейерлі кешеннің күрделі және тұтынымдық шығындарының төмендеуі анықталды.

Кен массаны көтеру биіктігі 100 м-ден жоғары болғанда күрделі үлесті шығындар 12-37% аралығында төмендейді және тұтынымдық шығындар 7-24,5% аралығында азаяды. Зерттеулердің нәтижесі бойынша тік еңкішті конвейерлі көтергіштердің орнату бұрышы 25-30° астам болса, олардың тиімділігі жоғарылайды.

Құрамында тік еңкішті конвейерлі таспалар бар ҰТТ кешендердің үлесті күрделі және тұтынымдық шығындардың өзгеру қарқыны 3,3-1,7 және 1,8-1,5 есеге сәйкес өзгеруі байқалады.

Кен массаны көтеру биіктігі 100 м биіктікке өссе, үлесті көрсеткіштер келесі аралықтарда өзгереді: таспалы конвейерлермен жабдықталған конвейерлі желілердің күрделі шығындары 35-16%-ға, ал тұтынымдық шығындары 16-10%-ға өзгереді. Егер конвейерлі желілер тік еңкішті конвейерлермен жабдықталса, күрделі шығындар 25-12%-ға және тұтынымдық шығындар 12-8%-ға сәйкес өзгереді. Шығындардың шамалары ҰТТ кешеннің өнімділігі өсуіне қарай төмендейді.

Кен массаның тасымалдау көлемінің жоғарылауына байланысты үлесті күрделі және тұтынымдық шығындар көлемі төмендейді, конвейерлі желілер таспалы конвейерлермен жабдықталса, күрделі шығындар 1,4-3 есе, пайдалану шығындар 1,3-1,7 есе төмендейді.

Тік еңкішті конвейерлермен жабдықталған конвейерлі желілердің күрделі шығындары 1,3-2,5 есе және тұтынымдық шығындары 1,2-1,5 есе төмендейді.

Зерттеу арқылы ҰТТ кешендер өнімділігі жылдық 10 млн т-ға дейін болған жағдайда тік еңкішті конвейерлерді тиімді қолдануға, жүк көтеру биіктігі 200 м-ден жоғары аршықтарда қолдануы анықталады.

Тік еңкішті конвейерлерді кен массаны көтеру биіктігі 300 м-ден жоғары болғанда және аршықтың жылдық өнімділігі 30 млн т тең не жоғары болса қолдануға тиімді. Мұндай жағдайда үлесті тұтынымдық шығындар тең болады, бірақ үлесті күрделі шығындар тік еңкішті конвейерлермен жабдықталынған ҰТТ кешендердің, қалыптасқан таспалы конвейерлермен жабдықталынған ҰТТ кешендерден 6-20%-ға төмен.

Тік еңкішті конвейерлерді қолдану нәтижесінде қосымша күрделі тау-кен жұмыстар көлемі 1,4-1,6 есе азаяды, осыған байланысты шаруашылықтан алынған жер телімінің көлемі төмендейді және елеулі мөлшерде аршық алабындағы және оның маңындағы ауаның тазалығы жоғарылайды.

Қорытынды

1. Кен массаны аршықтан тік еңкіш көтергіш конвейерлермен тасымалдау арқылы, ұсатқыш-конвейерлі кешендердің тиімділігі жоғарылайды және жүкті тасымалдау қашықтығы

азаяды.

2. Алыс шет еддерінде, ірі кен орындарын үзілмелі-толассыз технологиямен қазатын аршықтар кең таралған.

3. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері тең аршықтарда тік еңкішті конвейерлерлі үзілмелі-толассыз технологиялық кешендерін қолданудың жоғары тиімділігін дәлелдейді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Яковлев В.Л., Корнилов С.В. Геотехнологические проблемы и особенности ведения горных работ на глубоких карьерах // Глубокие карьеры: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга, 2015. – № 11 (специальный выпуск 56). – С. 54-66.
2. Корнилов С.В., Столяров В.Ф., Бахтурин Ю.А., Берсенев В.А. Особенности проектирования ЦПТ на карьерах // Недропользование – XXI век, 2008. – № 6. – С. 62-66.
3. Решетняк С.П. Пути повышения уклона трасс карьерного транспорта при циклично-поточной технологии. Проблемы карьерного транспорта. – Екатеринбург, 2002. С. 146-151.
4. Решетняк С.П. Современные тенденции в проектировании циклично-поточной технологии на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. Спецвыпуск. «Глубокие карьеры». С. 126-133.
5. Берсенев В.А. Строительство конвейерных подъемников на бортах карьеров. Проблемы карьерного транспорта. – Екатеринбург, 2011. – С. 49-56.
6. Ракишев Б.Р. Циклично-поточные технологии на карьерах Казахстана // Вестник КазНТУ. 2012. № 1. С. 14-20.
7. Трубецкой К.Н., Жаринов И.Ф., Шендеров А.И. Совершенствование конструкции карьерных комплексов ЦПТ // Горный журнал. 2015. № 1. С. 21-24.
8. Иоффе А.М., Селезнев А.В. Обоснование рациональной области применения ЦПТ на карьерах // Научно-технический журнал «Горный информационно-аналитический бюллетень». № 3. – Москва: Издательский дом «Руда и Металлы», 2009. – С. 342-353.
9. Четверик, М.С. Перспективы применения крутонаклонных конвейеров при циклично-поточной технологии горных работ на карьерах Кривбасса / М.С. Четверик, Е.В. Бабий, А.А. Икол // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепродзержинск, 2010. – № 5. – С. 94-98.
10. Санакулов К.С., Умаров Ф.Я., Шеметов П.А. Снижение затрат в глубоких карьерах на основе применения крутонаклонного конвейера в составе комплекса ЦПТ // Горный вестник Узбекистана. – Зарафшан, 2013. – № 1. – С. 8-12.
11. Яковлев В.Л., Берсенев В.А., Кулнияз С.С., Лигоцкий Д.Н. Особенности повышения эффективности циклично-поточной технологии при разработке крепких руд открытым способом // Горный журнал Казахстана, 2019. – № 5. – С. 32-36.

Оптимальное размещение главного подъемника циклично-поточной технологии

КУЛНИЯЗ Серик Сагинович, д.т.н., профессор, kulnyaz@mail.ru,

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Казахстан, 030000, Актобе, пр. А. Молдагуловой, 34.

Аннотация. Приведены результаты исследований адаптации циклично-поточной технологии на глубоких рудных карьерах. В результате сравнения объемов горно-подготовительных работ при размещении конвейерного подъемника в крутонаклонной и наклонной траншеях определено, что объемы горно-строительных работ при крутой траншее в четыре раза меньше объемов наклонной траншеи. Приведён график горно-подготовительных работ. Построен график приведённых затрат в зависимости от угла наклона конвейерного подъемника и глубины карьера.

Ключевые слова: циклично-поточная технология, глубокий карьер, крутонаклонный конвейер, удельные затраты, исследование.

Optimal Placement of the Main Hoist of the Cyclic-Flow Technology

KULNIYAZ Serik, Dr. Tech. Sci., Professor, kulnyaz@mail.ru,

K. Zhubanov Aktobe Regional University, Kazakhstan, 030000, Aktobe, A. Moldagulova Avenue, 34.

Abstract. The results of studies of the adaptation of cyclical-flow technology in deep ore quarries are presented. As a result of a comparison of the volumes of mining preparatory work when placing a conveyor hoist in steeply inclined and inclined trenches, it was determined that the volume of mining and construction work with a steep trench is four times less than the volume of an inclined trench. The schedule of mining preparatory works is provided. A graph of the reduced costs is also built depending on the angle of inclination of the conveyor elevator and the depth of the open pit.

Keywords: cyclic flow technology, deep quarry, steeply inclined conveyor, unit costs, research.

REFERENCES

1. Yakovlev V.L., Kornilov S.V. Geotekhnologicheskie problemy i osobennosti vedeniya gornyh rabot na glubokih kar'erah // Glubokie kar'ery: Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – Moscow: Gornaya kniga, 2015. – No. 11 (special'nyj vypusk 56). – pp. 54-66.
2. Kornilov S.V., Stolyarov V.F., Bahturin Yu.A., Bersenyov V.A. Osobennosti proektirovaniya CPT na kar'erah // Nedropol'zovanie – HHI vek, 2008. – No. 6. – pp. 62-66.
3. Reshetnyak S.P. Puti povysheniya uklona trass kar'ernogo transporta pri ciklichno-potochnoj tekhnologii. Problemy kar'ernogo transporta. – Ekaterinburg, 2002. pp. 146-151.
4. Reshetnyak S.P. Sovremennye tendencii v proektirovanii ciklichno-potochnoj tekhnologii na kar'erah // Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2015. Specvypusk. «Glubokie kar'ery». pp. 126-133.
5. Bersenev V.A. Stroitel'stvo konvejnyh pod"emnikov na bortah kar'erov. Problemy kar'ernogo transporta. – Ekaterinburg, 2011. – pp. 49-56.
6. Rakishev B.R. Ciklichno-potochnye tekhnologii na kar'erah Kazahstana // Vestnik KazNTU. 2012. No. 1. pp. 14-20.
7. Trubeckoj K.N., Zharikov I.F., Shenderov A.I. Sovershenstvovanie konstrukcii kar'ernyh kompleksov CPT // Gornyy zhurnal. 2015. No. 1. pp. 21-24.
8. Ioffe A.M., Seleznev A.V. Obosnovanie racional'noj oblasti primeneniya CPT na kar'erah // Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'». No. 3. – Moscow: Izdatel'skij dom «Ruda i Metally», 2009. – pp. 342-353.
9. Chetverik, M.S. Perspektivy primeneniya krutonaklonnyh konvejerov pri ciklichno-potochnoj tekhnologii gornyh rabot na kar'erah Krivbassa / M.S. Chetverik, E.V. Babij, A.A. Ikol // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'. – Dnepropetrovsk, 2010. – No. 5. – pp. 94-98.
10. Sanakulov K.S., Umarov F.Ya., Shemetov P.A. Snizhenie zatrat v glubokih kar'erah na osnove primeneniya krutonaklonnogo konvejera v sostave kompleksa CPT // Gornyy vestnik Uzbekistana. – Zarafshan, 2013. – No. 1. – pp. 8-12.
11. Yakovlev V.L., Bersenev V.A., Kulniyaz S.S., Ligockij D.N. Osobennosti povysheniya effektivnosti ciklichno-potochnoj tekhnologii pri razrabotke krepkih rud otkrytym sposobom // Gornyy zhurnal Kazahstana, 2019. – No. 5. – pp. 32-36.