

© О.О. Шустов¹, А.А. Адамчук¹¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ ГЛИБОКОГО КАР'ЄРУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО КОНВЕЄРНО-ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

© O. Shustov¹, A. Adamchuk¹¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

SUBSTANTIATING THE PARAMETERS OF DEEP SURFACE MINE RELOADING WORKS DURING OPERATION OF COMBINED CONVEYOR-RAILWAY TRANSPORT

Мета. Удосконалення технологічних схем роботи перевантажувальних пунктів з обґрунтуванням параметрів їх роботи при відпрацюванні глибинної зони залізородного кар'єру.

Методика. Для досягнення поставленої мети були використані наступні методи дослідження: аналітичного, графічного й математичного моделювання, метод логічних інженерних рішень, порівняння варіантів й аналогій. Зазначені методи використовувались при обґрунтуванні параметрів роботи перевантажувальних пунктів при використанні комбінованого конвеєрно-залізничного транспорту, визначення кількості думпкарів від їх вантажопідйомності при нарощуванні виробничої потужності кар'єру по руді.

Результати. Застосування розробленого пристрою для перевантаження скельних порід в залізничний транспорт, дозволяє скоротити транспортно-вантажний майданчик на 25-30 м, тим самим, знизити обсяг виїмки порід розкриття до 250-280 тис. м³, раціонально використовувати виймальних-навантажувальний і транспортне обладнання в одній лінії з скороченням часу завантаження думпкарів і формування штабеля.

Наукова новизна. Вперше обґрунтовані параметри роботи перевантажувальних пунктів при експлуатації комбінованого конвеєрно-залізничного транспорту та визначена кількість думпкарів на транспортному горизонті в залежності від їх вантажопідйомності та виробничої потужності кар'єру по залізній руді; при продуктивності кар'єру по руді 18 млн.т/рік їх кількість змінюється в межах 37-104 залежно від вантажопідйомності вагонів та з урахуванням календарного плану роботи гірничого підприємства. Встановлено залежність кількості думпкарів на горизонті від їх вантажопідйомності і продуктивності кар'єра по руді.

Практичне значення. Встановлено, що в умовах глибоких залізородних кар'єрів найбільш ефективно застосовувати комбінацію конвеєрно-залізничного транспорту зі спорудженням установки для перевантаження скельних порід, що дозволить зменшити витрати на розробку родовища до 6,7-8,9 млн USD.

Ключові слова: комбінований конвеєрно-залізничний транспорт, внутрішньокар'єрний перевантажувальний пункт, глибокий залізородний кар'єр, перевантажувальний пристрій, думпкар.

Актуальність теми. При розробці крутоспадних родовищ кар'єри характеризуються інтенсивним пониженням гірничих робіт, зменшенням площі робочої зони, великою кількістю уступів (30 і більше), які одночасно розроблюються,

складністю організації розкриття та відпрацювання глибинної частини родовища. У зв'язку з цим на глибоких кар'єрах для перевезення гірничої маси широко застосовується два види транспорту: автомобільний і залізничний. Практика показує, що найбільш високі техніко-економічні показники притаманні електрифікованого залізничного транспорту із застосуванням тягових агрегатів [1].

З досвіду роботи залізрудних кар'єрів слідує, що при збільшенні глибини розробки більше 130-150 м відбувається повсюдний перехід на експлуатацію комбінованих видів транспорту: автомобільно-залізничного – переважно для вивезення порід розкриття і автомобільно-конвеєрного – для переміщення залізної руди. Автомобільний транспорт рекомендується експлуатувати в глибинній зоні кар'єру з вертикальною висотою підйому гірничої маси до 60-90 м. Керівний підйом автодоріг приймається 80 %. Їх ширина і конструкція зумовлюються розмірами автосамоскидів і числом смуг руху [1, 2].

Для підвищення ефективності ведення гірничих робіт на глибині понад 400-500 м необхідна розробка нових конструкцій транспортно-перевантажувальних установок з обґрунтуванням раціонального розташування транспортних комунікацій та урахуванням специфіки роботи гірничого устаткування на великих глибинах.

Для цього необхідно провести системний аналіз існуючих і перспективних рішень в області внутрішньокар'єрного транспорту і перевантаження гірничої маси, виявити їх недоліки з урахуванням роботи на глибинах більше 300 м, шляхом математичного і комп'ютерного моделювання встановити раціональні параметри схем комплексу ЦПТ.

Стан питання. На теперішній час глибина низки залізрудних кар'єрів України становить більше 400 м. Виконаними проектами передбачено вести гірничі роботи на глибині 650-800 м [3]. Зарубіжний досвід вказує на можливість роботи і на більших глибинах. Так, запроектовані кар'єри з видобутку мідної руди: Чукікамата та Ескондіда (Чілі) глибиною 850 м і 645 м відповідно, Бінгем Каньон (США, Юта) – 1210 м, Сибайський міднорудний кар'єр (РФ, Башкірія) – 500 м, Токепала (Перу) – 615 м [4]. Проте поглиблення гірничих робіт супроводжується суттєвим збільшенням об'єму виконання гірничо-капітальних робіт у зв'язку із рознесенням бортів кар'єру. Причому об'єм виймання порід розкриття зростає в геометричній прогресії відносно глибини кар'єру [5]. Таким чином, в умовах поглиблення кар'єру, собівартість видобутку корисної копалини буде різко збільшуватися, а частка вартості транспортування складає 50-70 % від загальної і зростатиме зі збільшенням глибини кар'єру.

Залежно від застосовуваної заглиблювальної системи розробки та обраного напрямку розвитку гірничих робіт, розкриття виробки, перевантажувальні майданчики для конвеєрного транспорту і дробильного обладнання можуть розташовуватися на неробочих, тимчасово неробочих і робочих бортах кар'єрів. Від цього залежать відстані автоперевезень, консервація запасів корисних копалин, тривалість експлуатації даного перевантажувального пункту і використання схеми розкриття.

Питома вартість транспортних робіт при розробці родовищ відкритим способом становить 50-70% і зростає зі збільшенням глибини кар'єра. У зв'язку з цим експлуатація кар'єрів глибиною понад 100 м нерозривно пов'язана зі спорудженням комплексів ЦПТ. У той же час, як показала практика застосування традиційних схем ЦПТ, до складу яких входить похилий конвеєр в підземній галереї, автомобільний і залізничний транспорт економічно ефективний до глибини 250 м. Подальше поглиблення призводить до різкого зростання собівартості видобувних робіт в результаті необхідності розбортовки кар'єра під транспортні комунікації і спорудження перевантажувальних пунктів значної ширини. Також з розвитком гірничих робіт виникає питання про ліквідацію існуючих транспортних комунікацій і спорудженні нових, що тягне за собою необхідність значних капітальних вкладень [1].

Стиснені умови глибоких кар'єрів обмежують маневреність завантажених самоскидів в пунктах перевантаження на конвеєрні підйомники. Це одна з причин неповного використання їх проектних потужностей. Необхідність дроблення окрім руди в кар'єрі ще і розкривних порід до крупності 300-400 мм також обмежує застосування ЦПТ в глибоких і надглибоких кар'єрах.

Натепер на глибоких кар'єрах застосовують в основному перевантажувальні пункти (ПП), обладнані однокішшовими екскаваторами й навантажувачами. Гірнична маса на таких пунктах розміщується в акумулювальних складах. Місткість складу коливається від 20 до 300 тис. м³. Вони мають довжину 100 – 300 м, ширину 25 – 80 м і висоту до 12 м. Для перевантаження гірничої маси з автосамоскидів до залізничних вагонів уздовж нижньої площадки складу будується залізнична колія. Автосамоскиди розвантажуються на верхній площадці. Розрізняють екскаваторні перевантажувальні пункти з розміщенням складу гірничої маси на укосі уступу, на горизонтальній його площадці та у виїмці на уступі. У першому випадку використовується тимчасово неробочий уступ кар'єру, складений із стійких скельних порід, уздовж якого формується насипний склад із перевантажуваних порід. При цьому верхня площадка уступу слугує як маневрово-розвантажувальна для автомобільного транспорту [1].

За класифікаційними ознаками перевантажувальні пункти поділяють на стаціонарні, напівстаціонарні та пересувні. Стаціонарні зазвичай розташовані на денній поверхні або на верхніх відпрацьованих горизонтах і знаходяться в експлуатації впродовж усього періоду роботи кар'єру. Споруджують їх з монолітного або збірного залізобетону, рідше – з металевих конструкцій. Внаслідок інтенсивного збільшення довжини відкатки автосамоскидами стаціонарні ПП найчастіше застосовують при навантаженні залізничних поїздів транспортними системами, що містять конвеєрні або скіпові підйомники [1].

Глибокі залізородні кар'єри України характеризуються постійно зростаючої глибиною розробки, посуванням фронту гірничих робіт по розкривних породах і корисній копалині. Це в свою чергу призводить до розносу робочого борта, що безпосередньо впливає на збільшення обсягу розкривних порід (рис. 1)



Рис. 1. Приклад глибокого залізрудного кар'єру Кривбасу

Так, фахівцями НКМЗ розроблений комплекс обладнання циклічно-поточною технології в складі дробильно-перевантажувального пункту, похилої частини крутопохилого конвеєра (КНК), горизонтальної частини КНК і навантажувача-штабелеукладача скельного ПШС-3500, розташованого на залізничній колії. При цьому вантажонесуча стрічка конвеєра складу за допомогою автостели піднімає вантаж до місця перевантаження на конвеєр відвальної стріли навантажувача-штабелеукладача. Після розвантаження стрічка через відхиляючі барабани повертається на роликкоопори конвеєра складу [6].

Недоліком розробленого пристрою є значна ширина відвальної майданчика в зв'язку з розташуванням двосмугової транспортної лінії уздовж навантажувача-штабелеукладача, а також розміщенням штабеля на тому ж майданчику.

Оскільки кут укосу неробочих бортів кар'єрів, на яких споруджують конвеєрні підіймачі, значно більший і досягає $40 - 50^\circ$, з'являється необхідність тимчасово консервувати або ставити у кінцеве положення значну кількість уступів уздовж траси конвеєра, що призводить до передчасного виймання мільйонів кубометрів пустої породи. Це положення відноситься й до побудованих концентраційних горизонтів через $60 - 80$ м по глибині кар'єру з шириною площадки на кожному з них не менше $50 - 60$ м і довжиною $80 - 120$ м для розвантаження автосамоскидів і встановлення дробарки крупного дроблення [1].

Крутопохилий конвеєр КНК-270 виробництва ПрАТ «НКМЗ» з висотою підйому 270 метрів і кутом похилої частини 37 градусів можна назвати первістком у світовій гірничо-металургійній промисловості [5]. Протяжність його похилої

частини від натяжного до приводних барабанів складає 525, горизонтальної частини - 408 метрів. Будівництвом і запуском в експлуатацію цього унікального об'єкта на золоторудному кар'єрі «Мурунтау» (Узбекистан) скоротили довжину конвеєрної доставки руди на півтора кілометра. При цьому висота підйому руди від горизонту розвантаження в приймальний бункер дробарки до позначки залізничних рейок збільшилася на 30 метрів.

Слід зазначити, що комбінація конвеєрного транспорту з автомобільним та залізничним транспортом менш поширена, ніж автомобільного із залізничним. Вона застосовується в кар'єрах, коли автомобільно-залізничний транспорт стає менш ефективним і потребує заміни. Якщо комбінація автомобільно-залізничного транспорту є дволанковою, тобто дозволяє транспортувати видобуту гірничу масу до місця призначення двома видами транспорту, комбінація з конвеєрним транспортом може бути як дволанковою, так і триланковою. Найчастіше застосовуються дволанкові комбінації: автосамоскид - конвеєр або залізничний транспорт - конвеєр; триланкові; автосамоскид - конвеєр - залізничний транспорт, залізничний транспорт - конвеєр - залізничний транспорт (магістрального призначення). Автомобільно-(залізнично)-конвеєрний транспорт зі зростанням глибини кар'єрів поступово замінюється автомобільно-залізничним транспортом. На деякий період в експлуатації передбачається наявність двох комбінацій транспорту, який працює в різних зонах на різних ділянках родовища, що розробляється. Перехід на автомобільно-(залізнично)-конвеєрний транспорт для більшості кар'єрів відбувається на глибині 150-300 м, при залізничному транспорті з електровозною тягою на глибині 150-180 м та при залізничному транспорті з тяговими агрегатами на глибині 280-300 м [7].

Розробка залізрудних родовищ України глибиною до 500-700 м характеризується постійним поглибленням і переміщенням фронту гірничих робіт, що призводить до збільшення виробленого простору зі значним зростанням об'єму розкритих порід. Транспортування руди та порід розкриття здійснюється комбінацією автомобільного, конвеєрного та залізничного транспорту зі спорудженням перевантажувальних пунктів по глибині кар'єру. У обмежених умовах розробки корисних копалин, що зумовлено конфігурацією робочих і неробочих бортів, і навіть розміщенням пластів залізної руди необхідно застосування нових перевантажувальних пристроїв та інноваційних технічних рішень із забезпечення збільшення продуктивності по руді (рис. 2).

Факторами, що обмежують перехід на комбінований транспорт, є:

– постійний розвиток бортів кар'єру та неможливість розміщення на одному з них конвеєрного підйомника в стаціонарному положенні на тривалий період;

– відсутність у кар'єрі робочих майданчиків шириною 80-110 м, достатніх для розміщення перевантажувального пункту, під'їздів для автосамоскидів та необхідних допоміжних споруд;

– розташування на бортах кар'єру залізничних колій, що багаторазово перетинають трасу конвеєрного підйомника;

– наявність у бортах кар'єру нестійких і обводнених порід, схильних до зсувів, сейсмічних впливів і викликають необхідність виположування укосів або застосування інших заходів [7].



Рис.2. Новий тракт ЦПТ на кар'єрі Інгулецького ГЗК

Основна частина. Існують різні перевантажувальні пристрої з конвеєрного в залізничний транспорт, що відрізняються своїми конструктивними характеристиками. Так, Навойським ГМК було прийнято рішення про будівництво циклічно-поточної технології (ЦПТ) із крутопохилим конвеєрним підйомом у північно-східній частині кар'єру «Мурунтау», що дозволило звільнити його південний борт [8]. Комплекс ЦПТ був наступною технологічною лінією. У розвантажувальному пункті руда з кар'єрних автосамоскидів перевантажується в бункер, з якого стрічковим живильником подається в шнеко-зубчасту дробарку, після якої вже завантажується на крутопохилий конвеєр КНК-270. На поверхні кар'єру доставлена крутопохилим конвеєром гірничча маса перевантажується на складський конвеєр типу КС-3500. Руда, що доставляється цим конвеєром, завантажується в думпкари, а за їх відсутності відправляється в штабель складу без зупинки транспортної лінії ЦПТ-руда. Таким чином забезпечується безперервність роботи комплексу. Навантаження руди в думпкари або склад здійснюється навантажувачем-штабелеукладачем ПШС-3500 (рис. 3).



Рис. 3. Схема роботи навантажувача-штабелеукладача ПШС-3500 при завантаженні думпкарів и формуванні штабеля

В цілому навантажувально-транспортний комплекс “ЦПТ-руда” включає велику кількість машин, установок та обладнання, що узгоджені за своїми параметрами і розміщені в гірничотехнічних будівельних металоконструкціях і спорудах, при проведенні мінімальних обсягів додаткових гірничих робіт. Проте обмежені умови ведення гірничих робіт на залізорудних кар'єрах вимагають розробки нових технологічних рішень щодо створення пристрою для перевантаження скельних порід у залізничний транспорт [9].

Так, спільно зі співробітниками НТУ “Дніпровська політехніка” розроблено пристрій для перевантаження порід з конвеєрного в залізничний транспорт [10], в якому шляхом введення нових елементів та розташування штабеля руди на майданчику верхнього уступу досягається можливість забезпечення перевантажувальних робіт у обмежених умовах у заданому безперервному режимі технологічної лінії транспортування, особливо скельних порід із діючих залізорудних кар'єрів глибиною до 600 – 800 м. За рахунок цього, знижуються витрати та підвищується продуктивність праці у цілому. При цьому штабель пропонується розташувати на верхньому горизонті з подальшим навантаженням кар'єрними екскаваторами.

Раціональне використання виймально-навантажувального та транспортного обладнання в одній лінії при одночасному завантаженні локомотивоскладів через два горизонти безпосередньо з конвеєра та через штабель дозволило розрахувати час їх навантаження залежно від розподілу обсягів навантаження між цими горизонтами.

Час на навантаження думпкара (хв) при використанні екскаватора розраховується за відомою формулою [1].

$$t_n = \frac{V_{\text{дз}} t_{\text{ц}}}{60 E k_e}, \quad (1)$$

де $V_{\text{дз}}$ – геометричний об'єм кузова самоскидного вагона, м³; $t_{\text{ц}}$ – тривалість робочого циклу екскаватора, с; E – ємність ковша екскаватора, м³; k_e – коефіцієнт екскавації.

$$k_e = \frac{k_n}{k_p}, \quad (2)$$

де k_n – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора породою ($k_n = 0,7$); k_p – коефіцієнт розпушування породи в ковші екскаватора при вийманні з масиву або розвалу ($k_p = 1,1$).

Як приклад прийнятий екскаватор ЕКГ-10 типу "механічна лопата" із тривалістю робочого циклу 26 с. При завантаженні думпкара 2ВС-105 отримаємо таке значення часу навантаження:

$$t_n = \frac{50 \cdot 26}{60 \cdot 10 \cdot 0,65} = 3,3 \text{ хв.}$$

Слід зазначити, що при використанні запропонованого пристрою завантаження думпкарів проводиться через розвантажувальну консоль реверсивного перевантажувача, що унеможливорює експлуатацію техніки циклічної дії. Враховуючи безперервність процесу, конструктивні особливості та продуктивність реверсивного перевантажувача, тривалість завантаження думпкара знижується на 0,85-1,1 хв (24-33%) залежно від об'ємів, що перевантажуються, вантажопідйомності думпкарів, виймально-навантажувального та транспортного обладнання при завантаженні бункера на нижніх горизонтах.

У той же час, ширина транспортно-навантажувального майданчика зменшується на 25-30 м за рахунок переміщення штабеля гірничої маси на верхній горизонт, а також виключення з технологічної лінії однієї залізничної колії.

На основі попередніх досліджень встановлено, що кількість перевантажувальних пунктів із наскрізним проїздом [11, 12] для забезпечення роботи дробарки залежить від кількості рейсів автосамоскидів, геометричної місткості їхнього кузова, а також продуктивності кар'єру по руді. Таким чином, доцільна кількість перевантажувальних пунктів (1-3 одиниці) поступово збільшується при нарощуванні продуктивності кар'єру та збільшенні вантажопідйомності автосамоскидів.

Для безперервної роботи в технологічній лінії доцільно встановити раціональне число думпкарів на горизонті роботи локомотивоскладу, який завантажувється реверсивним перевантажувачем, залежно від продуктивності кар'єру по руді (18 – 40 млн т/рік). При цьому у розрахунках слід розглядати типові думпкарі вантажопідйомністю від 60 до 170 т. Результати розрахунків представлені в таблиці, а також відображені на рис. 4.

Таблиця
Результати розрахунків кількості думпкарів, що завантажуються реверсивним перевантажувачем на горизонті установки від продуктивності кар'єра по руді і вантажопідйомності вагона (105 т)

Продуктивність кар'єру, млн.т/рік	18	23	28	32	40
Щільність порід, т/м ³	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Об'єм гірничої маси, млн.м ³ /рік	6,92	8,85	10,77	12,31	15,38
Місячна продуктивність, млн.м ³ /міс	0,69	0,88	1,08	1,23	1,54
Добова продуктивність, млн.м ³ /добу	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
Годинна продуктивність, м ³ /год	2404	3072	3739	4274	5342
Продуктивність дробарки, м ³ /год	2200	2200	2200	2200	2200
Співвідношення продуктивностей	1,09	0,70	0,85	0,97	0,81
Вантажопідйомність думпкарів, т	105	105	105	105	105
Ємність кузова думпкара, м ³	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4
Прийняте число думпкарів на горизонті, шт.	60	76	93	106	132

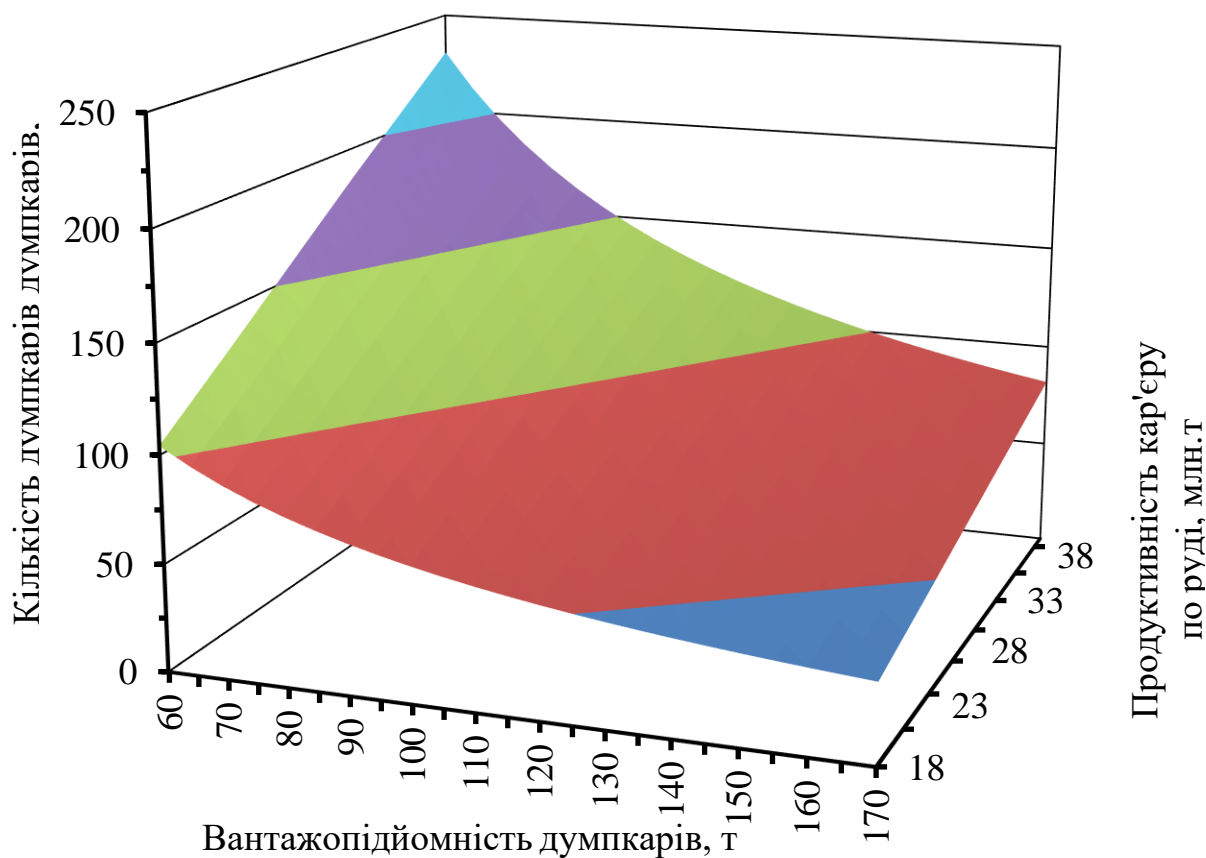


Рис. 4. Графік залежності кількості думпкарів на горизонті від їх вантажопідйомності і продуктивності кар'єра по руді

Як видно з таблиці та на рисунку 4 встановлена кількість думпкарів для забезпечення необхідного вантажопотоку при продуктивності кар'єру по руді 18 млн.т/рік змінюється в межах 37-104 залежно від вантажопідйомності вагонів. При збільшенні продуктивності кар'єру з 18 до 40 млн.т/рік кількість думпкарів зростає до 231 одиниці при їх вантажопідйомності 60 т. При цьому для експлуатації локомотивоскладів з думпкарами великої вантажопідйомності доцільно спорудити один перевантажувальний пункт на нижньому горизонті для сумісної злагодженої роботи комплексу ЦПТ з автомобільно-конвеєрно-залізничним транспортом у технологічній лінії. Зростання продуктивності до 40 млн.т/рік призводить до експлуатації 3 одиниць перевантажувальних пунктів при вантажопідйомності думпкарів у 60-105 т і знижується до 2 одиниць зі збільшенням вантажопідйомності зі 170 т і вище.

Висновки: 1. Застосування пристрою для перевантаження скельних порід в залізничний транспорт, дозволяє скоротити транспортно-вантажний майданчик на 25-30 м, тим самим, знизити обсяг виїмки порід розкриву до 250-280 тис. м³, раціонально використовувати виймальних-навантажувальний і транспортне обладнання в одній лінії з скороченням часу завантаження думпкарів і формування штабеля.

2. Встановлено що доцільна кількість перевантажувальних пунктів (1-3 одиниці) поступово збільшується при нарощуванні продуктивності кар'єру та збільшенні вантажопідйомності думпкарів. Дана рекомендація може бути прийнята залежно від календарного плану підприємства з видобутку сирової руди, що, у свою чергу, дозволить мінімізувати обсяги виймання порід розкриву в обмежених умовах розробки за рахунок використання розробленого пристрою для одночасного завантаження думпкарів та формування штабеля.

3. Коригування параметрів робочих та транспортних майданчиків, а також перевантажувальних пунктів проводиться залежно від вимог підприємства в умовах розробки залізрудного родовища.

4. Встановлена кількість думпкарів для забезпечення необхідного вантажопотоку при продуктивності кар'єру по руді 18 млн.т/рік змінюється в межах 37 – 104 залежно від вантажопідйомності вагонів. При збільшенні продуктивності кар'єру з 18 до 40 млн.т/рік кількість думпкарів зростає до 231 одиниці при їх вантажопідйомності 60 т.

5. Для експлуатації локомотивоскладів з думпкарами великої вантажопідйомності доцільно спорудити один перевантажувальний пункт на нижньому горизонті для сумісної злагодженої роботи комплексу ЦПТ з автомобільно-конвеєрно-залізничним транспортом у технологічній лінії.

6. Зростання продуктивності до 40 млн.т/рік призводить до експлуатації 3 одиниць перевантажувальних пунктів при вантажопідйомності думпкарів у 60-105 т і знижується до 2 одиниць зі збільшенням вантажопідйомності зі 170 т і вище.

7. Впровадження у виробництво установки для перевантаження скельних порід з конвеєра в залізничний транспорт дозволить отримати річний економічний ефект у розмірі 6,7-8,9 млн. USD

8. Соціальний попит результатів дослідження полягає в зниженні негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок використання комплексів ЦПТ, що дозволить значно скоротити дальність транспортування гірничої маси.

9. Економічна зацікавленість досягається за рахунок: значного зменшення собівартості переміщення гірничої маси всередині кар'єра, скорочення термінів введення конвеєрних ліній при використанні напівстаціонарних і пересувних дробильних установок; максимального використання поточної технології доставки гірничої маси при спільному відпрацюванні ділянок кар'єрного поля. Комплексно вирішуються питання збереження земель для відтворення їх родючості при відкритих розробках.

Перелік посилань

1. Дриженко, А.Ю. (2014). *Відкриті гірничі роботи*. НГУ.
2. Адамчук, А.А. & Шустов, О.О. (2018). Системний підхід до вибору нових засобів транспорту для роботи на глибоких кар'єрах. *Збірник наукових праць НГУ*, (54), 8-18.
3. Moldabayev, S., Adamchuk, A., Sarybayev, N., & Shustov, A. (2019). Improvement of open cleaning-up schemes of border Mineral reserves. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 19(1.3), 331–338. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/1.3/S03.042>
4. Moldabayev, S. K., Adamchuk, A. A., Toktarov, A. A., Aben, Y., & Shustov, O. O. (2020). Approbation of the technology of efficient application of excavator-automobile complexes in the deep open mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 30–38. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/030>
5. Anisimov, O. O. (2018). Research on parameters of the working area on an internal dump for developing open pits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 27–34. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/17>
6. Khorolskyi, A., Hrinov, V., Mamaikin, O., & Demchenko, Yu. (2019). Models and methods to make decisions while mining production scheduling. *Mining of Mineral Deposits*, 13(4), 53-62. <https://doi.org/10.33271/mining13.04.053>
7. Васильев, М.В. (1983). *Транспорт глубоких карьеров: монография*. Недра.
8. Кириченко, А.И., & Картавий, А.Н. (2010). Крутонаклонный конвейер КНК-270 для Ново-Ильинского ГМК – новый этап развития ЦПТ. *Горная промышленность*, 2(90), 71-80.
9. Санакулов, К.С., & Шеметов, П.А. (2011). Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах. *Горный журнал*, 8, 34-37.
10. Молдабаев, С.К., Кузьменко, С.В., Калюжный, С.С., Шустов, О.О., & Елдос, Абен (2019). *Устройство для перегрузки скальных пород из конвейера во внутрикарьерный железнодорожный транспорт* (Patent KZ No. 35001).
11. Молдабаев, С. К., Шустов, А. А., Султанбекова, Ж. Ж., & Адамчук, А. А. (2020). *Горнотранспортные системы глубоких и сверхглубоких карьеров: монография*. Satbayev University.
12. Fomychov, V., Fomychova, L., Khorolskyi, A., Mamaikin, O. & Pochepov, V. (2020). Determining optimal border parameters to design a reused mine working. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(24), 3039-3049.

ABSTRACT

Purpose. Improvement of technological schemes of work of reloading points with substantiation of parameters of their work at working off of a deep zone of an iron ore open cast mine.

Method. To achieve this purpose, the following research methods were used: analytical, graphical and mathematical modeling, the method of logical engineering solutions, comparison of options and analogies. These methods were used to substantiate the parameters of the transshipment points when using the combined conveyor-railway transport, determining the number of dump trucks from their capacity to increase the production capacity of the iron ore open cast mine.

Results. Application of the developed device for reloading of rocks in railway transport, allows to reduce a transport and cargo platform by 25-30 m, thereby, to reduce volume of excavation of overburden to 250-280 thousand m³, to rationally use extraction-loading and transport equipment in one line with reduction of time of loading of dump trucks and formation of a stack.

Scientific novelty. For the first time the parameters of reloading points operation in the operation of combined conveyor-railway transport were substantiated and the number of dump trucks on the transport horizon was determined depending on their load capacity and production capacity of the iron ore quarry; with the productivity of the ore quarry 18 million tons / year, their number varies between 37-104 depending on the load capacity of the cars and taking into account the calendar plan of the mining enterprise. The dependence of the number of dump trucks on the horizon on their carrying capacity and productivity of the ore quarry has been established

Practical meaning. It was found that in the conditions of deep iron ore open cast mines it is most effective to use a combination of conveyor-railway transport with the construction of an installation for transshipment of rocks, which will reduce the cost of field development to 6.7-8.9 million USD.

Keywords: *combined conveyor-railway transport, intra-mine transshipment point, deep iron ore open cast mine, transshipment device, dump truck.*