

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

АДАМЧУК АНДРІЙ АНДРІЙОВИЧ

УДК 622.271:622.682/.684

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКИХ
КАР'ЄРІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМБІНОВАНОГО ТРАНСПОРТУ**

05.15.03 – «Відкрита розробка родовищ корисних копалин»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Собко Борис Юхимович,
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», завідувач
кафедри відкритих гірничих робіт (м. Дніпро).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Четверик Михайло Сергійович,
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова
НАН України, провідний науковий співробітник відділу
«Геомеханічні основи технологій
відкритої розробки родовищ» (м. Дніпро);

кандидат технічних наук, доцент
Луценко Сергій Олександрович,
Криворізький національний університет,
доцент кафедри відкритих гірничих робіт (м. Кривий Ріг).

Захист відбудеться «29» квітня 2021 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 при Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» за адресою: 49005, м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» за адресою: 49005, м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19, к. 7.

Автореферат розісланий « ____ » _____ 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук

О.О. Борисовська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розробка залізистих кварцитів у Кривбасі займає ключову роль в постачанні сировини для металургійних підприємств України. При цьому попит на сталь і, відповідно, на сировину для її виготовлення, в майбутньому буде зростати. У зв'язку з цим гірничо-металургійний комплекс може стати суттєвим поштовхом для подальшого зростання української економіки.

В умовах збільшення глибини залізородних кар'єрів до 500 м середня відстань транспортування гірничої маси на кар'єрах України, натепер, складає 3-4 км. Причому частка витрат на транспортування уже складає 50-60 % від загальної і зростатиме зі збільшенням глибини кар'єру й надалі. Тому при поглибленні гірничих робіт виникає необхідність у вдосконаленні схем комбінованого транспорту для зменшення витрат на розробку родовища. Це може призвести до необхідності коригування проектних контурів кар'єру із урахуванням зміни параметрів внутрішньокар'єрного комбінованого транспорту при впровадженні нової технологічної схеми, зокрема введення нового перевантажувального пункту, що збільшить витрати на гірничо-капітальні роботи при його спорудженні. При цьому необхідно враховувати необхідність залучення додаткових інвестицій, що можливо лише при розрахунку загальних витрат на видобуток корисної копалини на період дії комбінованої схеми транспорту.

У зв'язку із цим, в дисертаційній роботі вирішувалась **актуальна науково-практична задача** встановлення закономірностей зміни витрат на транспортування гірничої маси при поглибленні гірничих робіт за схемами комбінованого транспорту в залежності від їх параметрів, що дозволило визначити оптимальну глибину спорудження перевантажувальних пунктів комбінованого автомобільно-залізничного та автомобільно-конвеєрного транспорту при одночасному їх використанні та у зв'язку із параметрами глибоких кар'єрів, за рахунок чого вдалося підвищити ефективність відкритих гірничих робіт на глибоких кар'єрах шляхом зменшення витрат на транспортування та гірничо-капітальні роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконувалось в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» за результатами держбюджетних тем ГП-505 «Обґрунтування новітніх технологічних рішень освоєння родовищ корисних копалин у контексті сталого розвитку гірничовидобувних регіонів» (№ держреєстрації 0120U102078), ГП-496 «Розробка технологічних основ екологічнобезпечного видобутку корисних копалин в техногенно-навантажених гірничопромислових регіонах України» (№ держреєстрації: 0117U001134); в КазНІТУ ім. Сатпаєва за результатами госпдоговірних тем «Комплектація, оптимальне розміщення і високопродуктивне використання комплексів циклічно-поточної технології при доробці глибоких залізородних кар'єрів» (договір № AP05133548 від 01.01.2018), «Лот № 2 – Обґрунтування доцільності переходу на комбінований автомобільно-конвеєрно-залізничний вид транспорту і апробація безпечного інтенсивного розвитку робочих зон уздовж крутих бортих з використанням екскаваторно-автомобільних комплексів на Качарському кар'єрі АТ «ССГЗВО». У всіх вказаних темах здобувач брав участь як виконавець.

Мета та завдання дослідження

Мета дисертаційного дослідження полягала у встановленні ефективних параметрів глибоких кар'єрів та схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту для зменшення витрат на видобування корисної копалини.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **завдання**:

- 1) аналіз стану питання розробки родовищ на глибоких кар'єрах із використанням комбінованого транспорту;
- 2) виконання дослідження параметрів глибоких кар'єрів із урахуванням зміни витрат на транспортування гірничої маси при поглибленні гірничих робіт для зменшення витрат на їх ведення;
- 3) обґрунтування ефективних схем та параметрів комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту у їх зв'язку із параметрами глибоких кар'єрів для зменшення витрат на транспортування гірничої маси;
- 4) розроблення практичних рекомендацій щодо впровадження в схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту перевантажувальних пристроїв нової конструкції з метою зменшення витрат на гірничо-капітальні роботи при їх спорудженні.

Об'єкт дослідження – відкрита розробка родовищ корисних копалин на глибоких кар'єрах з комбінованим транспортуванням гірничої маси.

Предмет дослідження – параметри глибоких кар'єрів та схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту.

Методи дослідження

Для вирішення поставлених задач використані наступні методи дослідження: абстрагування і комп'ютерного моделювання – для побудови об'ємних моделей глибоких кар'єрів та приконтурних зон родовищ корисних копалин з метою апробації розроблених методик розрахунку їх параметрів; математичного моделювання і оптимізації – при створенні економіко-математичних моделей розробки родовищ для встановлення оптимальних параметрів гірничо-транспортних схем і контурів кар'єру шляхом знаходження точки мінімуму (екстремуму); метод найменших квадратів – при встановленні залежностей зміни техніко-економічних показників внутрішньокар'єрного транспорту при поглибленні гірничих робіт.

Наукові положення, які захищаються в дисертації.

1. Ефективні, з точки зору скорочення витрат на розробку родовища, параметри глибоких кар'єрів встановлюються шляхом вирішення комплексної задачі обґрунтування раціональних схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту у їх зв'язку із контурами глибоких кар'єрів, при чому розмір витрат на розробку родовища обернено пропорційний об'єму приконтурної зони родовища, який складає 1,7 млн м³ при визначенні розташування проектних контурів глибоких кар'єрів і 30-270 тис. м³ – поточних.

2. Скорочення витрат на транспортування гірничої маси при одночасному використанні автомобільно-залізничного та автомобільно-конвеєрного комбінованого транспорту забезпечується шляхом впровадження схем із наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні в бункер конвеєрного транспорту,

при чому глибина спорудження перевантажувальних пунктів ґрунтується на кінцевій та поточній глибині кар'єру, експлуатаційній продуктивності транспорту, собівартості та відстані транспортування гірничої маси, а також її залишковому об'ємі у проектному контурі кар'єру та складає для автомобільно-залізничного транспорту 150-200 м і автомобільно-конвеєрного транспорту – 270-350 м.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше встановлені параболічні залежності об'єму приконтурної зони родовища крутого падіння від параметрів розташування контуру кар'єру для певної його глибини, що дають змогу розрахувати ефективно розташування контурів кар'єру в просторі шляхом знаходження точки мінімуму.

2. Вдосконалені залежності витрат на видобування корисної копалини від року існування гірничовидобувного виробництва в напрямку урахування зміни витрат на транспортування при поглибленні гірничих робіт, що дає змогу обґрунтувати ефективні параметри контурів кар'єру, а також розрахувати термін окупності капітальних інвестицій.

3. Вперше отримані параболічні залежності витрат на транспортування внутрішньокар'єрної гірничої маси від горизонтів спорудження перевантажувальних пунктів для одночасного використання автомобільно-залізничного та автомобільно-конвеєрного комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту, що дозволяє встановити оптимальну глибину введення видів транспорту, які складають ці схеми, при якій досягається мінімальні витрати на транспортування гірничої маси.

4. Вперше встановлені поліноміальні закономірності зміни витрат на гірничо-капітальні роботи при впровадженні схеми комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту із наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні від їх вантажопідйомності для глибоких кар'єрів, що дозволяють стверджувати про ефективність запропонованої схеми за рахунок зменшення об'єму гірничо-капітальних робіт.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються коректністю застосування основних положень теорії і практики обґрунтування ефективних параметрів глибоких кар'єрів, а також апробованих методів загальнонаукових досліджень та економіко-математичного моделювання процесів транспортування гірничої маси і підтверджується актом впровадження наукових і практичних результатів дисертаційної роботи в проектній документації НДГРІ ДВНЗ «КНУ» (м. Кривий Ріг, Україна) і ТОВ Проектна компанія «Антал» (м. Алмати, Республіка Казахстан).

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

1. Розроблена методика розрахунку ефективних параметрів, що визначають розташування контурів глибоких кар'єрів, при яких забезпечується максимальна повнота виймання корисної копалини для певної глибини розробки родовища для зменшення витрат на його розробку.

2. Розроблено алгоритм розрахунку глибини введення залізничного транспорту і спорудження перевантажувального пункту автомобільно-конвеєрного транспорту при одночасному використанні автомобільно-конвеєрної та автомобільно-залізничної схем із урахування параметрів глибоких кар'єрів, що дозволяє зменшити витрати на транспортування гірничої маси.

3. Обґрунтована технологічна схема автомобільно-конвеєрного транспорту із наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні порід в бункер через пристрій авторської конструкції (Патент України № 119491, Патент Республіки Казахстан № 34570), яка дозволяє за рахунок зменшення часу циклу розвантаження автосамоскидів скоротити витрати на дизельне паливо.

4. Розроблена скіпова транспортна установка для доробки запасів під транспортними бермами (Патент Республіки Казахстан № 34721), що дозволяє включити в розробку додатковий об'єм корисної копалини без необхідності перенесення транспортних комунікацій і рознесення борту кар'єру, скоротити витрати на гірничо-капітальні роботи.

Впровадження результатів роботи:

«Методика розрахунку ефективних параметрів, що визначають розташування контурів глибоких кар'єрів, при яких забезпечується максимальна повнота виймання корисної копалини для певної глибини розробки родовища», «Алгоритм розрахунку глибини введення залізничного транспорту і спорудження перевантажувального пункту автомобільно-конвеєрного транспорту» і «Технологічна схема автомобільно-конвеєрного транспорту із наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні порід в бункер через пристрій авторської конструкції (Патент України № 119491, Патент Республіки Казахстан № 34570)» прийняті до використання в НДГРІ ДВНЗ «КНУ» і в ТОВ Проектна компанія «Антал». Впровадження цих наукових розробок дозволить знизити витрати на транспортування корисної копалини за рахунок зменшення часу циклу руху автосамоскидів при їх розвантаженні; підвищити повноту виймання корисної копалини шляхом розрахунку оптимальних параметрів, що визначають положення контурів кар'єру в плані; зменшити об'єм гірничо-капітальних робіт за рахунок меншої ширини площадки встановлення перевантажувального пункту із наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні. Очікуваний економічний ефект від використання наукових розробок індивідуальний для експлуатації кожного окремого кар'єру і залежить від його параметрів і складає щонайменше 7-9 млн грн.

Особистий внесок здобувача

Дисертація є самостійною завершеною науковою працею. Всі теоретичні та практичні результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно і опубліковані у фахових виданнях. Пошук та аналіз літературних джерел за тематикою дисертаційного дослідження, розроблення комп'ютерних і економіко-математичних моделей, розроблення представлених в роботі методик виконано автором особисто.

Апробація результатів дисертації

Основний зміст дисертаційної роботи викладено на міжнародних конференціях «19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019», «Форум гірників – 2016», «Сатпаевские чтения – 2019», «Сатпаевские чтения – 2020», «Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing», «Сучасні технології розробки рудних родовищ», «Інноваційний розвиток гірничовидобувної галузі», «Молодь: наука та інновації», «Рациональное Использование Минерального и Техногенного Сырья в Условиях Индустрии 4.0».

Публікації

Матеріали дисертації опубліковано у 27 роботах, в т.ч. у 3 статтях та 2 матеріалах міжнародної конференції у виданнях, що індексуються в наукометричній базі даних Scopus, 5 статтях у фахових збірниках наукових праць, 9 статтях в матеріалах міжнародних конференцій, 2 розділах колективної монографії, яка видавалася в країні ЄС, 1 монографії, 3 патентах на винахід, 2 тезах конференції.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 127 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 5,3 авторських аркушів. Робота ілюстрована 5 таблицями та 63 рисунками. Список використаних джерел містить 125 найменування, з них 90 кирилицею та 35 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі відповідно до першої задачі дослідження, розглянуто стан та перспективи розробки залізорудних родовищ відкритим способом, проаналізовано гірничо-технічні показники відкритої розробки залізних руд України та Республіки Казахстан, проаналізовано науково-технічну літературу з визначення ефективних контурів глибокого кар'єру, проведено огляд відомих видів транспортного устаткування глибоких кар'єрів.

Підґрунтям для встановлення ефективних параметрів кар'єру в цілому, який залежить від умов залягання родовища, є обґрунтування доцільної форми кар'єру першої черги, параметри якого значною мірою залежать від параметрів схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту.

Питанню визначення ефективних параметрів глибоких кар'єрів свої праці присвятили Мельников Ю.І., Ржевський В.В., Новожилов М.Г., Тартаковський Б.Н., Арсентьев О.І., Аністатов Ю.І., Четверик М.С., Дриженко А.Ю., Гуменик І.Л., Симоненко В.І., Близнюков В.Г., Васильєв П.В., Прокопенко В.І., Пригунов А.С., Вілкул Ю.Г., Собко Б.Ю., Молдабаєв С.К., Перегудов В.В., Романенко О.В., Луценко С.О., Рикус А.О., Бабій К.В., Анісімов О.О., Панченко В.В., Шустов О.О., Петров Д.В., Ерьомін Д.І., Міхеєв В.М., Маліса М.Т., Генч Б., Сеймур Ф., Мігер К., Димитракопулос Р., Рамазан С., Салекі М., Монтінель Л. та інші.

Аналіз наукових робіт показав, що існує значна кількість факторів, які впливають на параметри кар'єрів, зокрема параметри схем внутрішньокар'єрного комбінованого транспорту, які у відомих методах визначення граничних контурів кар'єру не враховуються. Тому встановлення закономірностей зміни витрат на транспортування гірничої маси при поглибленні гірничих робіт за схемами комбінованого транспорту в залежності від їх параметрів є актуальною науково-практичною задачею. На підставі виконаного аналізу поставлено мету та сформульовано задачі роботи, які були вирішені в процесі проведення дослідження.

У другому розділі відповідно до другої задачі дослідження, представлено результати дослідження параметрів глибоких кар'єрів із урахуванням зміни витрат на транспортування гірничої маси при поглибленні гірничих робіт для зменшення витрат на їх ведення.

Аналіз основних взаємозв'язків параметрів кар'єру показав, що в умовах рівнинної місцевості для однакової глибини розробки родовища параметри контурів кар'єру є незмінними, незалежно від його положення в просторі, а значить і об'єм гірничої маси в контурах кар'єру є постійною величиною. Оптимальне положення кар'єру в просторі визначається за максимальною часткою корисної копалини в обсязі внутрішньокар'єрної гірничої маси. Так як розрахунок об'єму корисної копалини у внутрішньокар'єрному просторі зведеться до розрахунку об'єму приконтурної зони родовища, положення контурів кар'єру відносно горизонтальної потужності родовища рекомендується обчислювати, виходячи з параметрів приконтурної зони родовища.

Оптимальним положенням контурів кар'єру певної глибини відносно горизонтальної потужності родовища слід вважати таке, при якому об'єм приконтурної зони родовища буде мінімальним. Параметр, що характеризує це положення, веде початок відліку від точки перетину лінії контуру корисної копалини в лежачому боці і поверхні до верхньої бровки борту кар'єру в лежачому боці рудного тіла (b_x).

Положення поточних контурів кар'єру визначається з урахуванням встановлених проектних контурів параметром b' , відстанню між точками перетину поверхні з лініями контуру корисної копалини і борту кар'єру в лежачому боці.

Методика розрахунку параметрів, що визначають розміщення контуру кар'єру b_x і b' (рис. 1), полягає в наступному.

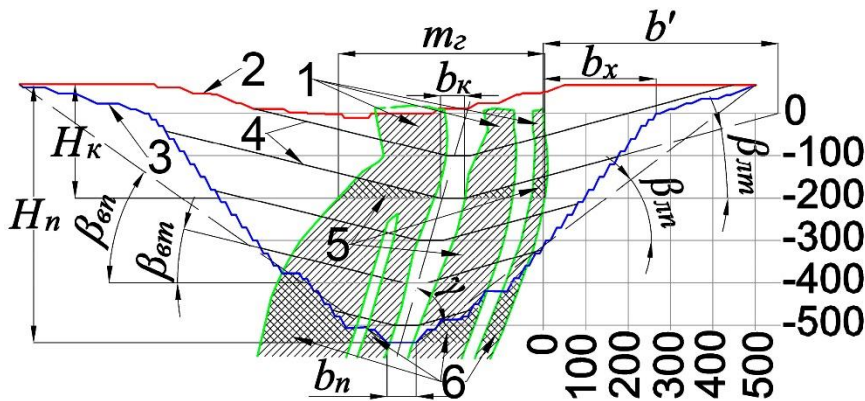
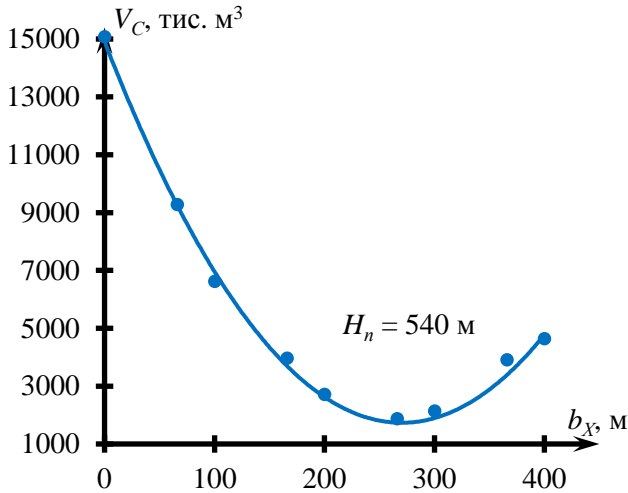
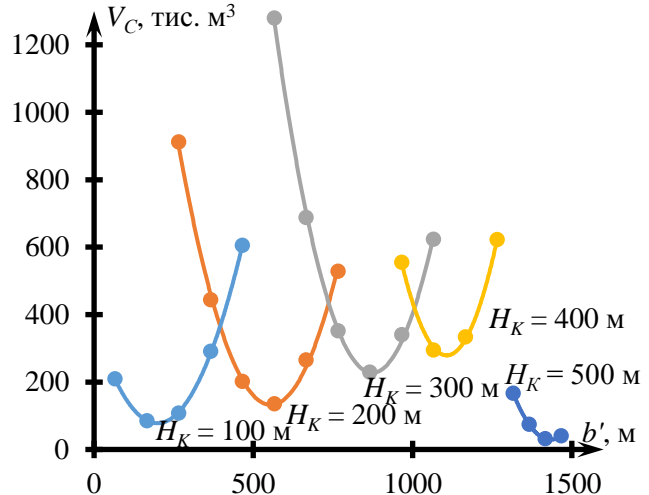


Рисунок 1 – Поперечний переріз залізорудного родовища: 1 – родовище; 2 – поточний стан контуру кар'єру; 3 – проектне положення контуру кар'єру; 4 – рекомендовані положення поточного контуру кар'єру; 5 – приконтурна зона родовища при оптимальному положенні поточного контуру кар'єру; 6 – приконтурна зона родовища при оптимальному положенні кінцевого контуру кар'єру.

Спочатку визначаються значення параметрів: глибина кар'єру (H_n , м), ширина (b_n , м), довжина (l_n , м) кар'єру низом, горизонтальна потужність рудного тіла m_2 , кут падіння рудного тіла (γ , град), кути укосів бортів кар'єру в лежачому, висячому боці і в торцях рудного покладу ($\beta_m, \beta_{en}, \beta_1, \beta_2$, град). З урахуванням цих параметрів розраховується обсяг приконтурної зони родовища для глибини кар'єру (H_n , м).

Далі здійснюється побудова графіка функції $V_c = f(b_x)$, виходячи з якого приймається такий параметр b_x , при якому $V_c \rightarrow \min$ (рис. 2). Після цього визначаються параметри глибини розробки родовища (H_k , м), ширина (b_k , м), довжина (l_k , м) кар'єру низом при його розробці, кути укосів робочих бортів в лежачому, висячому

боках і в торці рудного тіла ($\beta_{лм}, \beta_{см}, \alpha_p$, град). З урахуванням цих параметрів, параметра b_x і параметрів для його розрахунку визначаються значення V_c для різних глибин розробки (H_k). Після чого будуються графіки функції $V_c = f(b')$ для різних значень H_k . З цих графіків визначаються значення параметрів b' , при яких $V_c \rightarrow \min$ (рис. 3).

Рисунок 2 – Графік функції $V_c = f(b_x)$ Рисунок 3 – Графік функції $V_c = f(b')$

Далі із урахуванням параметрів кар'єру першої черги необхідно встановити граничні контури кар'єру із урахуванням умов залягання родовища. Для цього необхідно побудувати модель відкритої гірничої виробки, наближеної до реальної за геометричними параметрами із прив'язкою до кар'єру першої черги. Розділити модель на j горизонтальних шарів, які в свою чергу розбити на i етапів розробки за принципом взаємозв'язку поглиблення гірничих робіт та посування робочих уступі.

Вертикальна потужність горизонтального шару має дорівнювати різниці висотних відміток суміжних горизонтів, а горизонтальна потужність етапу не має перевищувати ширини розрізної траншеї низом (при розкритті нового горизонту) або величини посування робочого борту для розкриття горизонту нижче поточної висотної відмітки.

$$0 < l_e \leq h_e (ctg \alpha_p + ctg \beta) + b, \text{ м}, \quad (1)$$

де: h_e – вертикальна потужність горизонтального шару, м; α_p – кут укосу робочого уступу, град; β – кут укосу неробочого уступу, град; b – ширина берми безпеки неробочого борту, м.

Далі необхідно розрахувати об'єми гірських порід (окремо визначити об'єм корисної копалини) в етапах та визначити в них середню відстань транспортування гірничої маси на поверхню. Відстань транспортування об'єму гірничої маси в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі обчислити за формулою:

$$l_{mp.i.j} = \frac{1000 H_j K_{p.m.j}}{i_j} + \frac{1}{2} l_{i.j.e} + \sum_1^{i-1} l_{i.j.e}, \text{ м}, \quad (2)$$

де: H_j – різниця висотних відміток поверхні та підшви j -го горизонтального шару, м; $K_{p.m.j}$ – коефіцієнт розвитку траси для засобу транспорту, який діє в j -му горизонтальному шарі; i_j – керівний ухил траси засобу транспорту, який діє в j -му горизонтальному шарі, ‰; $l_{i.j.e}$ – горизонтальна потужність i -го етапу в j -му горизонтальному шарі, м.

Розраховуються витрати на ведення гірничих робіт в етапі за формулами:

$$C_{V_{p.i.j}} = V_{p.i.j} (C_m l_{mp.i.j} + C_\delta), \quad (3)$$

$$C_{P_{K.i.j}} = P_{K.i.j} (C_m l_{mp.i.j} + C_\delta), \quad (4)$$

$$C_{KK.i.j} = \frac{C_{V_{p.i.j}} + C_{P_{K.i.j}}}{P_{K.i.j}}, \quad (5)$$

де: $C_{V_{p.i.j}}$ – витрати на вилучення порід розкриву в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі, грн; $V_{p.i.j}$ – кількість порід розкриву в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі, т; $C_{P_{K.i.j}}$ – витрати на видобування корисної копалини в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі, грн; $P_{K.i.j}$ – кількість корисної копалини в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі, т; $C_{KK.i.j}$ – собівартість видобування 1 т корисної копалини в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі, грн/т; C_m – собівартість перевезення гірничої маси, грн/т·км; $l_{mp.i.j}$ – відстань транспортування гірничої маси в i -му етапі в j -му горизонтальному шарі, км; C_δ – собівартість всіх процесів, окрім транспортування, грн/т.

Далі обчислюється тривалість етапу із урахуванням прийнятої річної продуктивності кар'єру із видобування корисної копалини і потужності розкривного обладнання під час введення кар'єру в експлуатацію. Після чого отримуємо динаміку продуктивності гірничовидобувних робіт та витрат на їх ведення. Визначаємо обсяг капітальних інвестицій та, із урахуванням отриманих графіків і вартості реалізації корисної копалини, розраховуємо термін окупності інвестицій.

Розроблена методика дозволяє встановити граничні контури глибоких кар'єрів із урахуванням зміни витрат на транспортування гірничої маси при поглибленні гірничих робіт.

У **третьому розділі** відповідно до третьої задачі, обґрунтовані ефективні схеми та параметри комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту у їх зв'язку із параметрами глибоких кар'єрів для зменшення витрат на транспортування гірничої маси.

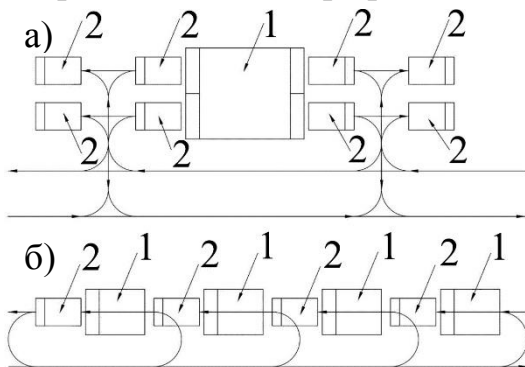


Рисунок 4 – Схеми розвантаження гірничої маси автосамоскидами (2) в бункер (1) при тупиковому розвороті для розвантаження (а) та наскрізному проїзді над бункером (б)

В умовах глибоких кар'єрів широке розповсюдження отримав автомобільно-конвеєрний транспорт, сутність схем якого полягає в тому, що гірничу масу автосамоскидом транспортується із вибою на концентраційний горизонт, на якому встановлено бункер-перевантажувач із дробаркою крупного дроблення. Після чого автосамоскид розвантажує гірничу масу в бункер, яка після дроблення потрапляє на похилий конвеєр, що встановлений у підземній галереї, яким далі транспортується на поверхню.

Час циклу розвантаження в бункер при тупиковому розвороті з урахуванням часу на маневрові операції складає 1,2-2,8 хвилин залежно від вантажопідйомності автосамоскиду. Близько 45 % цього часу припадає на маневрові

операції, пов'язані із тупиковим розворотом автосамоскиду (рис. 4, а). Зменшення цього часу пов'язане із впровадженням схем транспортування, що включають розвантаження автосамоскидів з їх наскрізним проїздом над приймальним отвором бункера (рис. 4, б). За рахунок цього досягається економія дизельного пального, яке споживається автосамоскидами, об'ємом 100-200 тис. л/рік і більше.

Спорудження нових перевантажувальних пунктів через їх значні габарити в плані пов'язане з додатковим рознесенням бортів кар'єру. Особливо гостро це питання стає в умовах кар'єрів глибиною 300-400 м. Ширина площадки уступу при тупиковому розвороті для розвантаження автосамоскидів складає 47,2-97,8 м. Однак при наскрізному проїзді автосамоскидів над бункером ширина площадки уступу значно зменшиться й складатиме 24-48,5 м.

При спорудженні перевантажувального пункту із наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером об'єм гірських порід, що не виймається, порівняно зі схемою із тупиковим проїздом, слід визначати за формулою:

$$V_E = \frac{1}{6} H(l + 2L)(a + 2R + x). \quad (6)$$

Таким чином шляхом спорудження перевантажувального пункту із наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером на глибині 300 м можливо зменшити об'єм виймання гірських порід на 2,7-5,7 млн м³, на глибині 400 м – 3,5-7,5 млн м³.

Глибина спорудження перевантажувального пункту (H_{conv} , м) в схемах циклічно-поточної технології із застосуванням конвеєрного підйомника в різних варіантах комбінації транспортних засобів залежить від проектної глибини кар'єру (H_d , м), експлуатаційної продуктивності конвеєрного підйомника ($P_{C.O}$, млн м³/рік), об'єму доробки гірничої маси в проектних контурах кар'єру (V_f , млн м³), собівартості і відстані транспортування гірничої маси залізничним (c_r , USD/ткм; L_r , км), конвеєрним (c_c , USD/ткм; L_c , км) і автомобільним транспортом (c_a , USD/ткм; L_a , км):

$$H_c = f(H_d, P_{C.O}, V_f, c_r, c_c, c_a, L_r, L_c, L_a), \text{ м}, \quad (7)$$

де H_d , $P_{C.O}$, V_f – змінні величини, c_r , c_c , c_a , – умовно постійні величини, а L_r , L_c , L_a повинні бути такі, при яких витрати на транспортування об'єму V_f будуть мінімальні.

В роботі розглянуто схему (рис. 5), при якій залізничний транспорт працює у верхній зоні кар'єру на підйом гірничої маси, а автотранспорт працює на трьох нижніх: на підйом гірничої маси з перевантаженням в залізничний транспорт, на спуск і на підйом з перевантаженням в конвеєрний транспорт.

Для розрахунку витрат на транспортування об'єм V_f необхідно розділити на n горизонтальних шарів, таким чином, щоб:

$$V_f = \sum_{i=1}^{n_r} V_{r,i} + \sum_{i=1}^{n_{a1}} V_{a1,i} + \sum_{i=1}^{n_{a2}} V_{a2,i} + \sum_{i=1}^{n_{a3}} V_{a3,i}, \text{ м}^3, \quad (8)$$

$$n = n_r + n_{a1} + n_{a2} + n_{a3}, \text{ м}, \quad (9)$$

де n_r , n_{a1} , n_{a2} , n_{a3} – кількість горизонтальних шарів обсягу V_f при транспортуванні його відповідно залізничним транспортом на підйом, автотранспортом відповідно на підйом з перевантаженням в залізничний транспорт, на спуск і на підйом автосамоскидами з перевантаженням на конвеєрний транспорт; $V_{r,i}$, $V_{a1,i}$, $V_{a2,i}$, $V_{a3,i}$ – частина об'єму V_f в i -му горизонтальному шарі при транспортуванні його від-

повідно залізничним транспортом на підйом, автотранспортом на підйом з перевантаженням в залізничний транспорт, на спуск і на підйом автосамоскидами з перевантаженням на конвеєрний транспорт, млн м³.

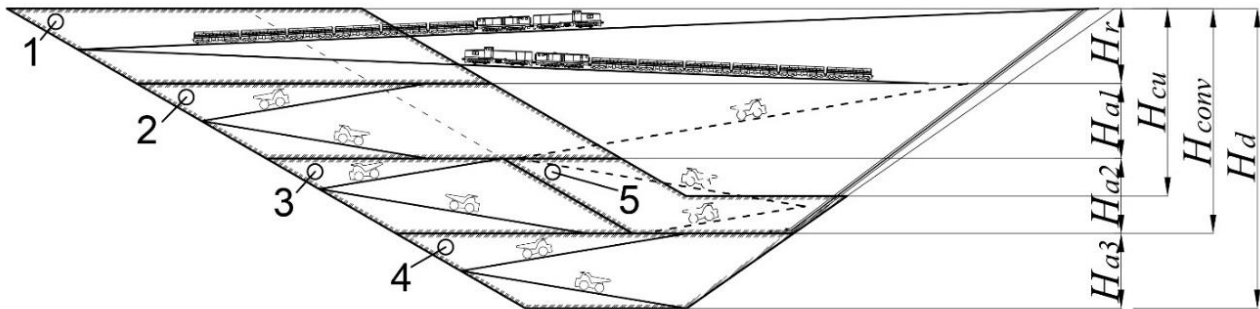


Рисунок 5 – Схема комбінованого автомобільно-конвеєрного і автомобільно-залізничного внутрішньокар'єрного транспорту: 1 – зона дії залізничного транспорту; 2 – зона дії автомобільного транспорту на підйом з перевантаженням в залізничний транспорт; 3 – зона дії автомобільного транспорту на спуск з перевантаженням на конвеєрний транспорт; 4 – зона дії автомобільного транспорту на підйом з перевантаженням на конвеєрний транспорт; 5 – зона дії автомобільного транспорту на підйом з перевантаженням в залізничний транспорт при розкритті глибоких горизонтів під будівництво конвеєрного підйомника.

Витрати на транспортування залишкового об'єму внутрішньокар'єрної гірничої маси обчислюються за формулою:

$$C_{V_f} = c_r \sum_{i=1}^{n_r} L_{r,i} V_{r,i} + c_a \sum_{i=1}^{n_{a1}} L_{a1,i} V_{a1,i} + c_a \sum_{i=1}^{n_{a2}} L_{a2,i} V_{a2,i} + c_a \sum_{i=1}^{n_{a3}} L_{a3,i} V_{a3,i} + c_r L_r \sum_{i=1}^{n_r} V_{a1,i} + c_c L'_c \sum_{i=1}^{n_{a2}} V_{a2,i} + c_c L'_c \sum_{i=1}^{n_{a3}} V_{a3,i} + c_r L'_r \sum_{i=1}^{n_{a2}} V_{a2,i} + c_r L'_r \sum_{i=1}^{n_{a3}} V_{a3,i} \rightarrow \min, \text{ USD}, \quad (10)$$

де L_r, L'_r, L'_c – відстань транспортування гірничої маси відповідно залізничним транспортом при розвантаженні в нього автомобільного та конвеєрного транспорту і конвеєрним з перевантаженням в залізничний транспорт, км.

Розроблена методика застосована при розрахунку оптимальної глибини введення залізничного транспорту (рис. 6) і конвеєрного підйомника (рис. 7) в умовах експлуатації Качарського кар'єру в Казахстані.

Аналіз моделей комбінованого транспорту в умовах Качарського кар'єру показав, що в порівнянні з автомобільним транспортом витрати на транспортування залишкового сумарного обсягу гірничої маси при використанні автомобільно-конвеєрного з введенням конвеєрного підйомника на глибині 270 м знижується на 37,6 %, залізничного ($H_r = 150$ м) та автомобільно-конвеєрного ($H_c = 330$ м) – на 50,3 %, автомобільно-залізничного ($H_r = 150$ м) та автомобільно-конвеєрного ($H_c = 345$ м) – на 50,8 %.

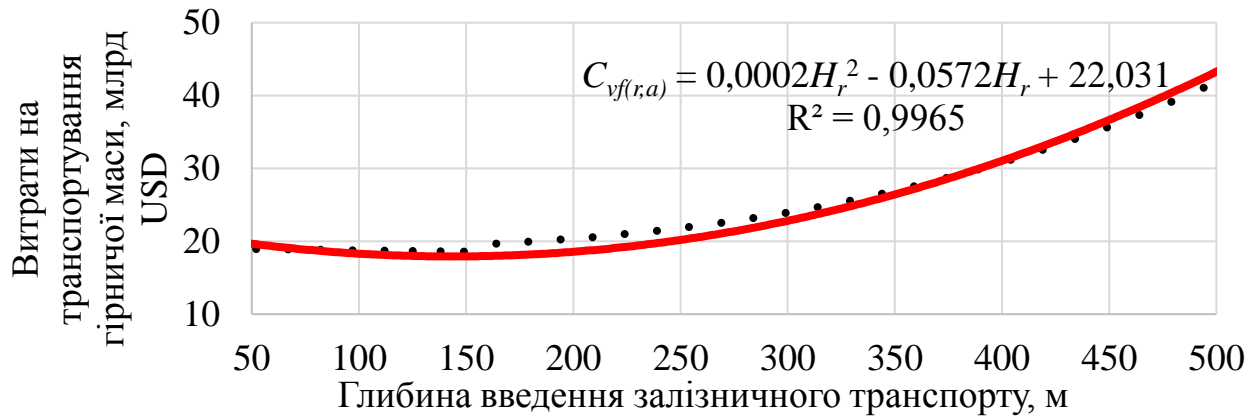


Рисунок 6 – Динаміка зміни витрат на транспортування сумарного обсягу гірничої маси ($C_{vf(r, a)}$) зі збільшенням глибини введення залізничного транспорту (H_r) в умовах експлуатації Качарського кар'єру.

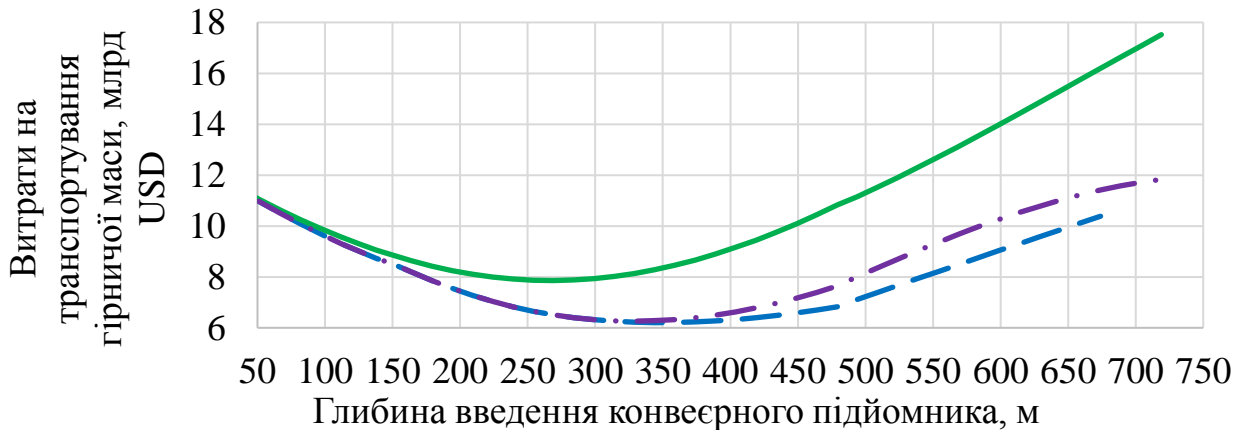


Рисунок 7 – Суміщений графік зміни витрат на транспортування сумарного обсягу гірничої маси (C_{vf}) зі збільшенням глибини введення конвеєрного підйомника (H_c) при різних схемах транспорту: ——— - автомобільно-конвеєрна; - · - · - · - - залізнична, автомобільно-конвеєрна; - - - - - автомобільно-залізнична, автомобільно-конвеєрна.

В результаті досліджень доведено, що перехід з комбінованого автомобільно-залізничного на комбінований автомобільно-конвеєрно-залізничний вид транспорту із наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером при їх розвантаженні економічно доцільний і дозволить розширити межі ефективного застосування відкритого способу розробки залізрудних родовищ.

У четвертому розділі відповідно до четвертої задачі дослідження, проведено роботу з розроблення практичних рекомендацій щодо впровадження в схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту перевантажувальних пристроїв нової конструкції з метою зменшення витрат на гірничо-капітальні роботи при їх спорудженні.

Необхідність вирішення питання впровадження нової схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту при поглибленні гірничих робіт ґрунтується на потребі в зменшенні витрат на розробку родовищ корисних копалин, зокрема витрат на гірничо-капітальні роботи.

На підставі сформульованих в роботі практичних рекомендації щодо впровадження нових схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту було обґрунтоване використання наступних перевантажувальних пристроїв.

Пристрій для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер. В основу винаходу поставлена задача удосконалення пристрою для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер, в якому шляхом введення нових елементів та їх взаємодії досягається можливість забезпечення наскрізного проїзду та розвантаження автосамоскидів у заданому режимі безперервної технологічної лінії транспортування, особливо скельних порід з діючих залізрудних кар'єрів глибиною до 600-800 м і, за рахунок цього, зниження витрат та підвищення продуктивності праці в цілому.

Задача вирішується тим, що у відомому пристрої для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер, що включає міст з парними несучими елементами, що закріплені рухомо на опорних балках з можливістю повороту у вертикальній площині під дією ваги вантажу і повернення у вихідне положення під дією власної ваги відрізняється тим, що парні несучі елементи виконані у вигляді плит, кожна з яких має жорстко закріплену на зовнішньому краю противагу з можливістю виконання бар'єрного огородження, кожна плита шарнірно закріплена до верхньої частини опорної балки.

На рис. 8 зображено графіки залежності загальної економії коштів на розробку гірничої маси для будівництва перевантажувального пункту із наскрізним проїздом у порівнянні із тупиковим розвантаженням автосамоскидів від їх вантажопідйомності на прикладі кар'єрів України та Казахстану.

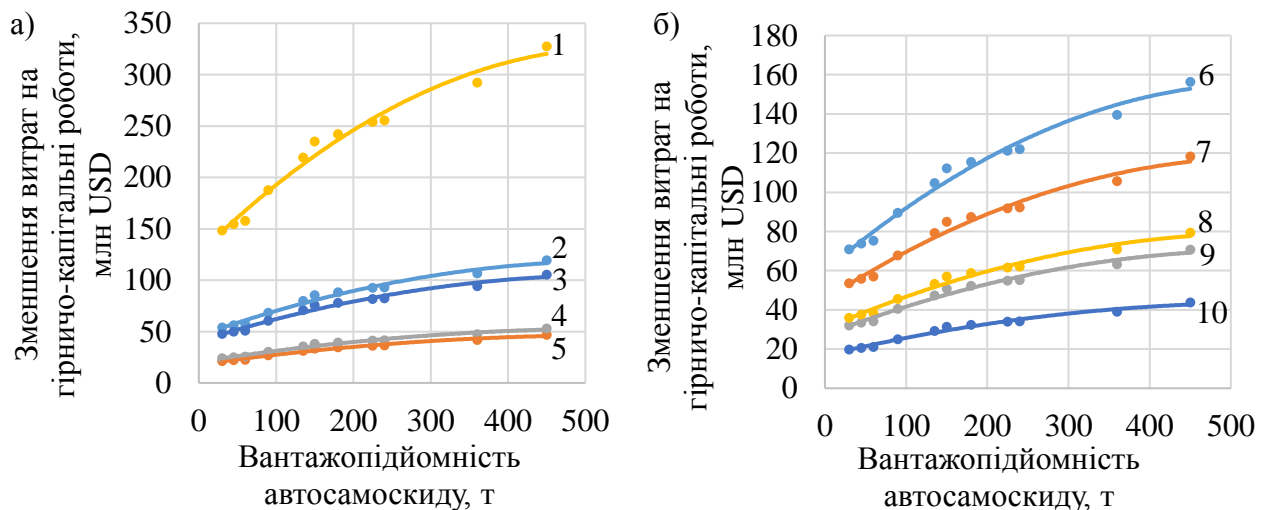


Рисунок 8 – Графіки залежності загальної економії коштів на вийманні порід розкриву від вантажопідйомності автосамоскидів при спорудженні перевантажувального пункту із наскрізним проїздом у порівнянні із тупиковим розвантаженням автосамоскидів на прикладі кар'єрів України (а) і Казахстану (б): 1 – Об'єднаний кар'єр ПівдГЗК і № 3 Арселоміттал Кривий Ріг; 2 – кар'єр ПівдГЗК; 3 – кар'єр Інгулецького ГЗК; 4 – кар'єр Єривівського ГЗК; 5 – Ганнівський кар'єр ПівнГЗК; 6 – Качарський кар'єр; 7 – Сарбайський кар'єр; 8 – Соколовський кар'єр; 9 – Південно-Сарбайський кар'єр; 10 – Куржункульський кар'єр.

Отримані залежності дозволяють стверджувати про ефективність застосування перевантажувального пункту із наскрізним проїздом для великовантажних автосамоскидів на значних глибинах у стиснених умовах за рахунок зменшення об'єму гірничо-капітальних робіт.

Розроблений пристрій забезпечує менший час циклу та меншу ширину перевантажувального пункту у порівнянні з іншими аналогічними пристроями.

Транспортна установка для дробки приконтурних запасів під ціликами залізничних шляхів. В основу винаходу поставлено завдання удосконалення пристрою для транспортування гірничої маси, в якій шляхом введення нових елементів досягається можливість переміщення транспортної установки без необхідності її демонтажу в умовах розконсервації транспортних ціликів і підвищення кута укосу борту кар'єру.

Рішення задачі полягає в тому, що опори транспортної установки обладнані гусеничним рушієм і з'єднані з транспортною галереєю гідростійками з шарнірним або підшипниковим з'єднанням на кінці гідроциліндра, при чому гідростійка шарніром кріпиться до транспортної галереї, а опора гідростійки жорстко закріплюється до опори на гусеничному ході. Нижня опора, встановлена в попередньо створеному колодязі, обладнана підйомним мостом для можливості заїзду та розвантаження автосамосвала в скіп, який переміщує гірничу масу в транспортній галереї і розвантажується безпосередньо в транспортний засіб шляхом відкривання кришки за допомогою розвантажувальних напрямних на транспортному горизонті.

При цьому, в залежності від гірничотехнічних умов дробки транспортного цілика, нижня опора може споруджуватися не в колодязі, а бути встановлена на нижньому горизонті транспортного цілика і, при цьому, бути обладнана самохідним пластинчастим живильником для перевантаження через нього гірничої маси з автосамоскидів в скіпи. Крім цього, в залежності від технологічних параметрів застосовуваних транспортних засобів, верхня розвантажувальна опора може бути обладнана накопичувальним бункером. Крім того, в транспортній галереї замість скіпового підйомника може застосовуватися стрічковий конвеєр, при цьому розвантаження в перевантажувальний пристрій здійснюється через самохідний дробильно-перевантажувальний пристрій, а привідна станція розміщується не на окремій самохідній опорі, а на опорі з накопичувальним бункером.

Економічний ефект від застосування транспортної установки для дробки приконтурних запасів під ціликами залізничних колій розраховується за формулою:

$$E = \frac{QH}{100} \left(\frac{C_1}{i_1} - \frac{C_2}{i_2} \right) = \frac{23 \cdot 90}{100} \left(\frac{27,28}{80} - \frac{131,6}{1000} \right) = 4,33 \text{ млн USD} \quad (12)$$

де: Q – річна продуктивність транспортної схеми, млн т; H – висота підйому гірничої маси, м; C_1, C_2 – собівартість підйому із застосуванням автотранспорту і пропонованої транспортної установки відповідно, центів/т·км; i_1, i_2 – керівний ухил траси автотранспорту і скіпового підйомника відповідно, %.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає у встановленні закономірностей зміни витрат на транспортування гірничої маси при поглибленні гірничих робіт за схемами комбінованого транспорту в залежності від їх параметрів, що дозволило визначити оптимальну глибину спорудження перевантажувальних пунктів комбінованого автомобільно-залізничного та автомобільно-конвеєрного транспорту при одночасному їх використанні та у зв'язку із параметрами глибоких кар'єрів, за рахунок чого вдалося підвищити ефективність відкритих гірничих робіт на глибоких кар'єрах шляхом зменшення витрат на транспортування та гірничо-капітальні роботи.

Найбільш важливі наукові й практичні результати, висновки й рекомендації полягають у наступному:

1. Аналіз сучасного стану розробки родовищ корисних копалин із використанням комбінованого транспорту показав, що натеper розміри деяких глибоких кар'єрів в плані досягли 1000x3500 м при їх глибині понад 500 м зі зростанням коефіцієнту розкриву вдвічі при середній відстані транспортування гірничих порід, в тому числі порід розкриву, 3-4 км із застосуванням поширених засобів внутрішньокар'єрного транспорту: автомобільного, залізничного, конвеєрного та їх комбінацій. Необхідність у вдосконаленні схем з їх застосуванням пояснюється часткою витрат на транспортування гірничої маси в понад 50 % від загальних витрат на її видобування.

2. Дослідивши взаємозв'язки основних параметрів глибоких кар'єрів між собою та зі схемами внутрішньокар'єрного транспорту встановлено, що ефективні параметри контурів глибоких кар'єрів першої черги визначаються параметрами схем комбінованого транспорту, а їх розташування в просторі – мінімальним об'ємом приконтурної зони родовища.

3. Встановлено, що ефективні параметри контурів глибоких кар'єрів слід визначати не тільки за коефіцієнтом розкриву, а й за фактичними витратами на розробку родовища, при чому витрати на всі процеси окрім транспортування умовно прийняти як постійні, а витрати на перевезення – зростаючими, так як зі зростанням глибини розробки родовища, збільшується і відстань транспортування гірничої маси. Такий підхід дозволяє не тільки зменшити витрати на ведення відкритих гірничих робіт, а й розрахувати термін окупності капітальних інвестицій.

4. Встановлено, що для глибоких кар'єрів ефективною, з точки зору зменшення витрат на дизельне паливо, є технологічна схема автомобільно-конвеєрного транспорту із наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні. За рахунок зменшення терміну циклу на розвантаження автосамоскидів скорочується об'єм споживання палива на 100-200 тис. л/рік.

5. Розроблено алгоритм розрахунку глибини введення перевантажувальних пунктів у схемі одночасного використання автомобільно-конвеєрного та автомобільно-залізничного комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту, яка забезпечує мінімальні витрати на транспортування гірничої маси.

6. Встановлено, що оптимальна глибина спорудження перевантажувального пункту комбінованого внутрішньокар'єрного автомобільно-залізничного транспорту і

автомобільно-конвеєрного транспорту на глибоких кар'єрах складає 150-200 м і 270-350 м відповідно, при якій забезпечується скорочення витрат на транспортування гірничої маси.

7. Встановлена динаміка скорочення витрат на ведення гірничо-капітальних робіт на глибоких кар'єрах при спорудженні перевантажувального пункту комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту із наскрізним проїздом при розвантаженні автосамоскидів від їх вантажопідйомності, що дозволяє стверджувати про ефективність застосування великовантажних автосамоскидів на значних глибинах при роботі за такою схемою, з одночасним скороченням об'єму гірничо-капітальних робіт.

8. На підставі розроблених практичних рекомендацій щодо впровадження ефективних схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту обґрунтовано використання низки перевантажувальних пристроїв, що дозволяють скоротити витрати на розробку родовища на глибоких кар'єрах щонайменше на 7-9 млн грн.

Основні положення і результати дисертації були опубліковані в наступних роботах:

1. Горнотранспортные системы глубоких и сверхглубоких карьеров: монография / С.К. Молдабаев, А.А. Шустов, Ж.Ж. Султанбекова, **А.А. Адамчук** . – Алматы : Satbayev University, 2020. – 482 с.
2. Methods of increasing effective use of cyclic and continuous technology complexes on ore open pit mines / S.K. Moldabayev, O.O. Shustov, **A.A. Adamchuk**, N.O. Sarybaev // Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petroşani : UNIVERSITAS Publishing, 2019. – P. 82-101.
3. Justification of transfer parameters in conditions of deep zone development of iron ore surface mines. / S.K. Moldabayev, O.O. Shustov, **A.A. Adamchuk**, Z.Z. Sultanbekova // Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petroşani : UNIVERSITAS Publishing, 2019. – P. 138-155.
4. Optimization of position of the cyclical-and-continuous method complexes when cleaning-up the deep iron ore quarries / S. Kuzmenko, Ye. Kaluzhnyi, S. Moldabayev, O. Shustov, **A. Adamchuk**, A. Toktarov // Mining of Mineral Deposits. – 2019. – № 13(3). – P. 104-112.
5. Improving the Construction of Mechanized Complexes for Reloading Points while Developing Deep Open Pits / O.O. Shustov, J.S. Haddad, **A.A. Adamchuk**, V.O. Rastsvietaiev, O.V Cherniaiev. // Journal of Mining Science. – 2019. – № 55(6). – P. 946–953.
6. Approbation of the technology of efficient application of excavator-automobile complexes in the deep open mines / S.K. Moldabayev, **A.A. Adamchuk**, A.A. Toktarov, Y. Aben, O. Shustov // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2020. – № 4. – P. 30-38.

7. Совершенствование технологии открытой разработки железорудных карьеров Украины при их углубке / А.Ю. Дриженко, А.А. Шустов, **А.А. Адамчук**, Н.А. Никифорова // Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету. – 2017. – № 52. – С. 79-86.
8. **Адамчук А.А.** Системний підхід до вибору нових засобів транспорту для роботи на глибоких кар'єрах / **А.А. Адамчук**, О.О. Шустов // Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету. – 2018. – № 54. – С. 8-18.
9. Шустов А.А. Определение объемов работ и сроков сдачи в эксплуатацию элементов комплексов циклично-поточной технологии / А.А. Шустов, С.К. Молдабаев, **А.А. Адамчук** // Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету. – 2019. – № 58. – С. 144-153.
10. Дослідження параметрів розвитку робочої зони при доробці глибоких крутоспадних родовищ / **А.А. Адамчук**, О.О. Шустов, А.О. Шустова, В.А. Тертишний // Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету. – 2019. – № 57. – С. 8-17.
11. Substantiation of the method of determination the open-cast mine final contours taking into account the transport parameters / **A. Adamchuk**, O. Shustov, V. Panchenko, M. Slyvenko // Collection of Research Papers of the National Mining University. – 2019. – № 59. P. 21-32.
12. Improvement of open cleaning-up schemes of border mineral reserves / S. Moldabayev, **A. Adamchuk.**, N. Sarybayev, A. Shustov // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2019. – № 19(1.3). – P. 331-338.
13. Method of optimizing cyclic and continuous technology complexes location during finalization of mining deep ore open pit mines / S. Moldabayev, Z. Sultanbekova, **A. Adamchuk**, N. Sarybayev // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2019. – 19(1.3). – P. 407-414.
14. Патент на изобретение 34570 Республика Казахстан. Устройство для перегрузки скальных пород с автотранспорта на конвейерный подъемник / С.К. Молдабаев, С.В. Кузьменко, Е.С. Калюжный, А.Ю. Дриженко, **А.А. Адамчук**. № 2019/0143.1; заявл. 21.02.2019; опубл. 11.09.2020.
15. Патент на изобретение 34721 Республика Казахстан. Транспортная установка для доработки приконтурных запасов под целиками железнодорожных путей / С.К. Молдабаев, С.В. Кузьменко, Е.С. Калюжный, **А.А. Адамчук**, А.А. Шустов. № 2019/0144.1; заявл. 21.02.2019; опубл. 20.11.2020.
16. Патент на винахід 119491 Україна, МПК В65G 65/32, В65G 67/24. Пристрій для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер / А.Ю. Дриженко, **А.А. Адамчук**, О.О. Шустов, С.К. Молдабаєв, Н.А. Нікіфорова. № а 2017 07577; заявл. 17.07.2017; опубл. 25.06.2019. Бюл. № 12. 4 с.
17. **Адамчук А.А.** Разработка технологических решений по применению экскаваторно-автомобильных комплексов в глубоких карьерах / **А.А. Адамчук**, А.А. Шустов // Труды Сатпаевских Чтений “Сатпаевские Чтения – 2020”. – 2020. – Т. 1. – С. 333-336.

18. **Adamchuk A.A.** Determination of the boundary contours of the open-pit mine taking into account the transport parameters / **A.A. Adamchuk**, O.O. Shustov // 2nd International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. Book of Abstracts. – 2019. – P. 85-88.
19. **Адамчук А.А.** Аналіз стану розробки залізорудних родовищ України відкритим способом за останні роки / **А.А. Адамчук** // Збірник Наукових Праць За Результатами Роботи VI Міжнародної Науково-Технічної Конференції “Сучасні Технології Розробки Рудних Родовищ. Еколого-Економічні Наслідки Діяльності Підприємств ГМК”. – 2019. – С. 147-149.
20. Молдабаев С.К. Управление параметрами развития в приконтурной и глубинной зонах карьера / С.К. Молдабаев, **А.А. Адамчук**, Н.О. Сарыбаев // Рациональное Использование Минерального и Техногенного Сырья в Условиях Индустрии 4.0: Сборник Трудов Международной Научно-Практической Конференции. – 2019. – С. 328-335.
21. Сарыбаев Н.О. К установлению целесообразности применения крутонаклонных конвейеров в карьерах / Н.О. Сарыбаев, **А.А. Адамчук** // Инновационные Технологии – Ключ к Успешному Решению Фундаментальных и Прикладных Задач в Рудном и Нефтегазовом Секторах Экономики РК: Труды Сатпаевских Чтений. – 2019. – С. 691-695.
22. **Adamchuk A.A.** Systematization of career vehicles and justification of their effective applications in the conditions of finalizing steep deposits / **A.A. Adamchuk**, O.O. Shustov, O.P. Hladun // International Scientific and Technical Internet Conference “Innovate Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. – 2018. – P. 90-92.
23. **Адамчук А.А.** Обґрунтування параметрів перевантажувальних пунктів глибоких залізорудних кар’єрів при їх доробці / **А.А. Адамчук**, О.О. Шустов, О.О. Анісімов // Збірник Наукових Праць За Результатами Роботи V Міжнародної Науково-Технічної Конференції “Сучасні Технології Розробки Рудних Родовищ. Еколого-Економічні Наслідки Діяльності Підприємств ГМК”. – 2018. – С. 61-62.
24. **Адамчук А.А.** Обґрунтування доцільних схем розвантаження автосамоскидів в бункер при комбінованому автомобільно-конвеєрному транспорті / **А.А. Адамчук** // II Міжнародна Науково-Технічна Інтернет-Конференція «Інноваційний Розвиток Гірничодобувної Галузі». – 2017. – С. 73.
25. Дриженко А.Ю. Перспективы развития глубоких карьеров без извлечения пород вскрыши / А.Ю. Дриженко, А.А. Шустов, **А.А. Адамчук** // Форум Гірників – 2016: матеріали міжнар. конф. – 2016. – Т. 2. – С. 49-54.
26. **Адамчук А.А.** Обґрунтування раціональних схем при автомобільно-конвеєрному транспорті на глибоких кар’єрах України / **А.А. Адамчук**, О.О. Шустов // Матеріали V Всеукраїнської Науково-Технічної Конференції Студентів, Аспірантів і Молодих Вчених «Молодь: Наука Та Інновації». – 2017. – Т. 1. – С. 2-3.
27. **Адамчук А.А.** Енергетична оцінка транспортних схем при автомобільно-конвеєрному транспорті на глибоких горизонтах залізорудних кар’єрів /

А.А. Адамчук, О.О. Шустов, А.О. Отюський // Матеріали VI Всеукраїнської Науково-Технічної Конференції Студентів, Аспірантів і Молодих Вчених «Молодь: Наука Та Інновації». – 2018. – Т. 1. – С. 2-3.

Особистий внесок автора в роботи, опубліковані в співавторстві:

[1, 2, 5, 14, 15, 16, 23] – розроблення перевантажувальних пристроїв та обґрунтування їх ефективності в умовах глибоких кар'єрів; [3, 6, 10, 11, 17, 18, 20] – дослідження зв'язків параметрів глибоких кар'єрів між собою та зі схемами транспорту; [4, 13] – розробка алгоритму встановлення оптимального горизонту спорудження перевантажувального пункту автомобільно-залізничного та автомобільно-конвеєрного транспорту при одночасному їх використанні; [7, 8, 22, 25] – аналіз стану питання; [9, 12, 21, 26, 27] – дослідження параметрів схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту.

АНОТАЦІЯ

Адамчук А.А. Обґрунтування ефективних параметрів глибоких кар'єрів при використанні комбінованого транспорту. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – «Відкрита розробка родовищ корисних копалин». – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, 2021.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі встановлення закономірностей зміни витрат на транспортування гірничої маси за схемами комбінованого транспорту в залежності від їх параметрів, що дозволило визначити оптимальну глибину спорудження перевантажувальних пунктів комбінованого транспорту із урахуванням параметрів глибоких кар'єрів.

Аналіз взаємозв'язків схем транспорту з параметрами глибоких кар'єрів дозволяє стверджувати, що їх ефективні контури визначаються параметрами схем комбінованого транспорту і приконтурної зони родовища.

Встановлено, що найменші витрати на гірничі роботи на глибоких кар'єрах досягаються шляхом використання схеми автомобільно-конвеєрного транспорту з наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні їх в бункер.

Ключові слова: комбінований внутрішньокар'єрний транспорт, глибокий кар'єр, витрати на транспортування, поглиблення гірничих робіт, параметри схем транспорту.

АННОТАЦИЯ

Адамчук А.А. Обоснование эффективных параметров глубоких карьеров при использовании комбинированного транспорта. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.03 – «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых». – Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Днепр, 2021.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-практической задачи установления закономерностей изменения затрат на транспортировку горной массы по схемам комбинированного транспорта в зависимости от их параметров, что позволило определить оптимальную глубину сооружения перегрузочных пунктов комбинированного транспорта с учетом параметров глубоких карьеров.

Анализ взаимосвязей схем транспорта с параметрами глубоких карьеров позволяет утверждать, что их эффективные контуры определяются параметрами схем комбинированного транспорта и приконтурной зоны месторождения.

Установлено, что наименьшие затраты на горные работы на глубоких карьерах достигаются путем использования схемы автомобильно-конвейерного транспорта со сквозным проездом автосамосвалов при разгрузке их в бункер.

Ключевые слова: комбинированный внутрикарьерный транспорт, глубокий карьер, расходы на транспортировку, углубление горных работ, параметры схем транспорта.

ABSTRACT

Adamchuk A. A. Justification effective parameters of open-pit mines using combined transport. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Candidate of Science Degree in Specialty 05.15.03 “Surface Mining”. – Dnipro University of Technology, Dnipro, 2021.

The thesis solved the current scientific and practical problem of establishing patterns of changes in the cost of transporting rock mass during the deepening of mining operations on the schemes of combined transport depending on their parameters, which allowed to determine the optimal depth of construction of transshipment points of combined road-rail and road-conveyor transport with their simultaneous use and in connection with the parameters of deep open-pit mines, due to which it was possible to increase the efficiency of opencast mining in deep open-pit mines by reducing the cost of transportation and mining and capital works.

The analysis of the interrelationships of the main parameters of deep open-pit mines with each other and with transport schemes allows us to assert that the effective contours of deep quarries are determined by the parameters of the combined in-pit transport schemes and the minimum volume of the near-contour zone of the deposit.

Studies of the parameters of deep open-pit mines have established that the optimal location of the contours of the open-pit mine of a certain depth relative to the horizontal capacity of the field should be considered such that the volume of the contour zone of the field will be minimal. The parameter characterizing this position starts from the point of intersection of the line of the mineral contour in the lying side and the surface to the upper edge of the open-pit mine board in the lying side of the ore body (b_x). The position of the current contours of the open-pit mine is determined taking into account the established design contours of the parameter b , the distance between the points of intersection of the surface with the lines of the contour of the mineral and the side of the open-pit mine in the lying side.

A method has been developed to establish the boundary contours of deep open-pit mines, taking into account the change in the cost of transportation of rock mass during the deepening of mining operations, which takes into account the change in the distance of transportation in calculating the cost of field development.

At opening of deep horizons of iron ore open-pit mines, from the point of view of reduction of consumption by dump trucks of diesel fuel, introduction of the transport scheme with through front of works and through passage of dump trucks at their unloading in the bunker is offered. Thus fuel consumption for one transport cycle will be reduced by 2 liters, thus, at annual productivity of 10 million tons, economy of diesel fuel will make 150 thousand l.

An algorithm for calculating the depth of introduction of transshipment points for rail transport and conveyor transport in deep open-pit mines has been developed, which has reduced the cost of transporting rock mass.

The analysis of economic and mathematical models of combined transport in the conditions of Kacharsky open-pit mine showed that in comparison with motor transport costs for transportation of residual total volume of rock mass at use of automobile-conveyor with introduction of the conveyor lift on depth of 270 m decrease by 37,6%, railway ($H_r = 150$ m) and automobile-conveyor ($H_c = 330$ m) – by 50.3%, automobile-railway ($H_r = 150$ m) and automobile-conveyor ($H_c = 345$ m) – by 50.8%.

Based on the developed provisions for the implementation of effective schemes of combined intra-open-pit mine transport, the use of a new design of the transshipment point (Patent of Ukraine № 119491) with the possibility of through trucks in their unloading in the receiving hopper of the conveyor lift, which reduces costs.

Dependences of reduction of expenses for mining and capital works for deep open-pit mines of Ukraine and Kazakhstan at construction of a transshipment point of the combined motor-conveyor transport of the offered design on loading capacity of dump trucks which allow to assert about efficiency of application of transshipment dump trucks during their unloading by reducing the volume of mining and capital works.

It is recommended that the skip transport installation for completion of contour stocks under transport berms of deep open-pit mines is developed as the intermediate reloader that allows to include in development of additional volume of mineral without need of transfer of transport communications and separation of a board of a open-pit mine and, at the expense of costs of mining and capital works.

The use of the developed transshipment devices of combined intra-open-pit mine transport will allow to reduce the costs for the development of the field in deep open-pit mines by at least UAH 7-9 million.

Keywords: combined in-pit transport, deep surface mine, transportation cost, mining deepening, transport scheme parameters.

Адамчук Андрій Андрійович

Обґрунтування ефективних параметрів глибоких кар'єрів при використанні комбінованого транспорту

(Автореферат)

Підписано до друку 26.02.2021 р. Формат 60x84/16
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк.
0,9. Наклад 100 прим. Зам. № 2803

Видавництво ПП Вахмістров О.Є.
Адреса видавництва та друкарні: 49000, м. Дніпро,
Вул. Писаржевського, 18.