

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра гірничої справи

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

В'ячеслав КАМЕНЕЦЬ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Новітні технології розробки родовищ корисних копалин»
за спеціальністю 184 Гірництво

на тему «Вивчення технічних і технологічних шляхів збільшення
продуктивності конвеєрного транспорту»

Керівник роботи

Ігор ГРИГОР'ЄВ

Консультант від
бази практики

Олександр БОРИСЕНКО

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Павло СЕРГЕЄВ

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Валерій СЛОБОДЯНЮК

Кривий Ріг 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	Гірничо-металургійний
Кафедра	гірничої справи
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	184 Гірництво
ОПП	Новітні технології розробки родовищ корисних копалин

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

В'ячеслав КАМЕНЕЦЬ

«25» грудня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Сергєєва Павла Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи Вивчення технічних і технологічних шляхів збільшення продуктивності конвеєрного транспорту
керівник роботи Григор'єв Ігор Євгенійович, доцент, канд. техн. наук,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023
- Термін подання роботи 15.01.2024 р.
- Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з відкритих гірничих робіт, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики переміщення порід конвеєрним транспортом, технологічні інструкції, результати експериментів та досліджень тощо
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз досвіду використання конвеєрного транспорту на залізрудних кар'єрах кривбасу 2. Аналіз теоретичних основ проектування та використання конвеєрного транспорту 3. Дослідження досвіду експлуатації крутопохилих конвеєрів 4. Аналіз досвіду експлуатації систем вертикального підйому 5. Розробка рекомендацій щодо використання крутих конвеєрів Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
- Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
2	Олександр БОРИСЕНКО

7. Дата видачі завдання 05.12.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	1 Аналіз досвіду використання конвеєрного транспорту на залізорудних кар'єрах кривбасу.	25.12.2023 – 28.12.2023
2	2. Аналіз теоретичних основ проектування та використання конвеєрного транспорту.	25.12.2023 – 28.12.2023
3	3. Дослідження досвіду експлуатації крутопохилих конвеєрів	28.12.2023 – 02.01.2024
4	4. Аналіз досвіду експлуатації систем вертикального підйому	03. 01.2024 – 05.01.2024
5	5. Розробка рекомендацій щодо використання крутих конвеєрів	05. 01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

(Павло СЕРГЕЄВ)

Керівник роботи

(Ігор ГРИГОР'ЄВ)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ КРИВБАСУ.....	8
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ.....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КРУТОПОХИЛИХ КОНВЕЄРІВ	40
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПІДЙОМУ	61
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ КРУТИХ КОНВЕЄРІВ.....	67
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74



АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз теоретичних основ і досвіду використання конвеєрного транспорту на глибоких залізорудних кар'єрах, розглянуто технічні і технологічні параметри конвеєрних трактів, що використовуються на відкритих гірничих роботах, а також техніко-економічні показники їх експлуатації. Виконано аналіз наукових джерел літератури щодо теоретичних основ проектування та використання конвеєрного транспорту. Особливу увагу приділено питанням експлуатації циклічно-поточної технології та питанням визначення кроку переносу дробарно-перевантажувальних пунктів. Виявлено тенденції до ускладнення транспортних комплексів та необхідності нарощування транспортних комунікацій по мірі збільшення глибини кар'єрів. В роботі проаналізовано існуючі методики визначення кроку перенесення перевантажувальних пунктів циклічно-поточної технології. Проаналізовано широкий спектр конструкцій круто похилих конвеєрів, технічні і технологічні характеристики, окреслено область їх застосування. Виконано аналіз досвіду експлуатації систем вертикального підйому та можливості їх використання в умовах крутоспадних родовищ залізорудних кар'єрів. Запропоновано рекомендації впровадження технічних і технологічних шляхів збільшення продуктивності конвеєрного транспорту на відкритих гірничих роботах.

ВСТУП

Актуальність теми. Найважливішим завданням, що стоїть перед гірничорудною промисловістю, є підвищення ефективності видобутку руди на основі впровадження нових науково-технічних розробок. Одним із шляхів її вирішення є підвищення ефективності процесу транспортування гірничої маси, що суттєво впливає на собівартість видобутку руди. Гірничі роботи сучасних залізрудних кар'єрів сягають глибини 250-300 м, а в проектних контурах кар'єрів – і 600-700 м. Такі глибини неодмінно супроводжуються погіршенням умов ведення гірничих робіт. В свою чергу, робота в стиснених умовах вимагає від проектувальників застосування максимально продуктивної техніки і технології. Подальший розвиток циклічно-поточної технології має супроводжуватися покращенням технічних характеристик її складових ланок, що в першу чергу стосується конвеєрної ланки. Крім того, з урахуванням постійного розвитку гірничої промисловості, важливо досліджувати нові технології та методики використання конвеєрів для оптимізації транспортування гірничої маси. Тому актуальність теми дослідження полягає в необхідності вдосконалення технологічних процесів та підвищенні продуктивності в галузі гірництва.

Постановка проблеми. Проблема дослідження полягає в необхідності знаходження оптимальних технологічних рішень для використання конвеєрного транспорту на залізрудних кар'єрах з метою збільшення продуктивності конвеєрного транспорту і зниження витрат на транспортування.

Мета й завдання роботи. Метою дослідження є виявлення оптимальних технологічних рішень для використання конвеєрного транспорту на залізрудних кар'єрах з метою підвищення ефективності транспортування гірничої маси, зменшення витрат та

покращання умов праці. Для досягнення поставленої мети в роботі сформовані **основні задачі дослідження:**

1) Провести детальний аналіз процесів проектування та функціонування циклічно-поточних технологій у національних залізородних кар'єрах.

2) Здійснити аналітичний огляд та інтеграцію теоретичних досліджень для встановлення оптимального інтервалу переміщення перевантажувальних вузлів у рамках циклічно-поточної технології.

3) Сформулювати висновки та розробити рекомендації стосовно ефективності використання систем вертикального та крутого похилого підйому.

Об'єкт дослідження – процес транспортування гірських в глибоких залізородних кар'єрах за допомогою конвеєрного транспорту.

Предмет дослідження – техніко-технологічні параметри і умови експлуатації конвеєрного транспорту.

Ідея кваліфікаційної роботи полягає в дослідженні та аналізі використання конвеєрного транспорту на залізородних кар'єрах з метою оптимізації процесів транспортування гірничої маси, зменшення витрат та підвищення ефективності ведення відкритих гірничих робіт.

Методи дослідження: аналіз і синтез виробничого досвіду і теоретичних основ транспортування гірських порід; методи статистичної та аналітичної обробки даних.

Наукове значення роботи полягає у виконанні аналізу наукової літератури і досвіду експлуатації конвеєрної техніки, що дає змогу приймати більш обґрунтовані технічні рішення.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо визначення раціональних умов експлуатації конвеєрного

транспорту в умовах глибоких залізорудних кар'єрів.

1 АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ КРИВБАСУ

Зміна обсягів гірничої маси зі збільшенням глибини кар'єра впливає на величину обсягів перевезень і їх розподіл за видами транспорту. Близько 50 % обсягів перевезень, головним чином з нижніх горизонтів, вивозиться за допомогою транспортних комплексів.

Для доставки гірничої маси на відкритих гірничих розробках України застосовуються такі види транспорту, як автомобільний, залізничний і конвеєрний. Вони використовуються як самостійно, так і в єдиних технологічних лініях в різних комбінаціях.

Зміна параметрів робочої зони при поглибленні кар'єра обумовлює зміну умов експлуатації транспортних комплексів.

Так, наприклад, в даний час на кар'єрах України (ЦГЗК, ПівнГЗК, ІнГЗК, кар'єр «АрселорМіттал Кривий Ріг») глибина введення залізничного транспорту обмежена 100-120 м від поверхні через обмежений радіус поворотів залізничних колій і ускладнення транспортних комунікацій при багаторазовому зміні напрямку руху поїздів, а також необхідно влаштовувати внутрішньокар'єрних станцій, роз'їздів і витяжних тупиків для зміни напрямку руху поїздів. Необхідність дотримуватися технологічних параметрів по транспорту обумовлює різкий приріст обсягів розкривних робіт.

Нераціональним є і самостійне застосування автотранспорту на глибоких горизонтах кар'єра через високу питомої вартості вантажоперевезень. Так, вартість 1 т*км при автотранспорті в 6-8 разів вище, ніж при залізничних перевезеннях. Слід зазначити, що автотранспорт має гарну маневреність, здатність долати ухили до 12%, а також можливістю організувати кільцеві схеми руху.

Однак досягти найбільшої ефективності розробки можливо шляхом комбінації окремих видів транспорту з використанням переваг кожного з них [1-3]. В даний час таке поєднання широко використовується на залізничних кар'єрах (табл. 1.1) і представлено наступними комбінаціями: автомобільно-скіпової, залізнично-конвеєрній, автомобільно-залізничний та автомобільно-конвеєрний.

Залізнично-конвеєрний транспорт знаходить застосування на потужних родовищах, що мають синклінальну форму. На родовищах України такі умови є лише на кар'єрі Південного ГЗК, де застосовують цей комплекс.

Крім того, залізнично-конвеєрний транспорт володіє усіма недоліками, властивими залізничного транспорту, що не дозволяє розширити область його застосування.

Наступним видом комбінованого транспорту є автомобільний транспорт в поєднанні з залізничним, він поширений на всіх кар'єрах України. Дослідження [1, 4] і техніко-економічні розрахунки, а також практика експлуатації автомобільно-залізничного транспорту показали, що його ефективність залежить від геометричних параметрів кар'єра. З огляду на, що проектна глибина багатьох кар'єрів становить 500-700 м, максимальна глибина введення залізничного транспорту (100-150 м) недостатня, і ефективно він може бути використаний в основному на верхніх горизонтах внаслідок різкого зростання капітальних витрат на

будівництво траншей, комунікацій, а також В збільшення експлуатаційних витрат.

Таблиця 1.1. Параметри транспортних комплексів застосовуваних на залізорудних кар'єрах України

Параметри, що характеризують область застосування комплексу	Вид транспорту	
а) залізнично-конвеєрного		
	Думпкари вантажопідйомністю 120 т	
Обсяг перевезень, млн. т	10-20	
Висота підйому залізничного транспорту, м	50-100	
Відстань перевезень залізничним транспортом, км	5-10	
б) автомобільно-залізничного		
	Автосамоскиди вантажопідйомністю 120 т	
Обсяг перевезень, млн. Т	10-50	
Висота підйому залізничного транспорту, м	60-120	
Відстань перевезень залізничним транспортом, км	1,6-3,8	
в) автомобільно-конвеєрного		
	Конвеєр и з шириною стрічки	
	1600 мм	2000 мм
Обсяг перевезень, млн. т	16-18	20-22
Висота підйому залізничного транспорту, м	60-120	130-200
Відстань перевезень залізничним транспортом, км	70-135	90-150

Автомобільно-скіпової транспорт застосовується в кар'єрах з обмеженими розмірами в плані [2, 5] і відносно невеликий

виробничою потужністю. Недолік цього комплексу полягає в необхідності влаштування двох пунктів (один - для завантаження, інший - для розвантаження скіпів), що збільшує витрати, ускладнює організацію робіт і обмежує сферу застосування комплексу. На кар'єрах України цей вид транспорту не використовується.

В даний час найбільш перспективним поєднанням транспортних комплексів на глибоких кар'єрах є автомобільно конвеєрний. Область застосування цього комплексу зазвичай обмежена зверху зоною дії автомобільно-залізничного транспорту, а знизу - дном кар'єра. Однак гідністю автомобільно-конвеєрного транспорту, через якого він знайшов широкого застосування на кар'єрах України, є можливість поглибити перевантажувальні пункти слідом за зниженням центру гірничих робіт. При цьому виявляється перевага використання конвеєрного підйому при відпрацюванні глибоких горизонтів кар'єрів [6], яке полягає в зменшенні відстані перевезень автотранспортом і зниженні загальної вартості транспортування.

Аналіз собівартості перевезення гірничої маси на кар'єрах Кривбасу, дозволив порівняти різні транспортні комплекси. Застосування конвеєрного підйомника на кар'єрі №1 ЦГЗК дозволило вивезти розкривні породи з найглибших горизонтів, а собівартість перевезення 1 т автомобільно-конвеєрно-залізничним транспортом виявилася приблизно рівною автомобільно-залізничному. Об'єктивною є оцінка ефективності транспортних комплексів по вартості 1 т гірничої маси на 1 м висоти підйому [3]. Найнижча вартість підйому виявилася на кар'єрі Південного ГЗК залізнично-конвеєрним комплексом та автомобільно-конвеєрним - на кар'єрі №1 ЦГЗК. Низька продуктивність конвеєрних підйомників на ІнГЗК (28 млн. Т проти 36 млн .т за проектом) призводить до підвищення

собівартості 1 т руди.

Порівняння собівартості конвеєрних підйомників за статтями витрат (таблиця 1.2) на 1 т показало, що найбільші витрати припадають на амортизаційні відрахування і конвеєрну стрічку за конвеєрним підйомника кар'єру №1 ЦГЗК. Пояснюється це тим, що повністю не освоєна проектна продуктивність конвеєрного підйомника.

Аналіз показує, що переваги конвеєрних підйомників по відношенню до залізничного транспорту повніше проявляються при доставці гірничої маси з нижніх горизонтів кар'єра при великій висоті підйому і можуть бути порівняні з витратами на одиницю продукції.

Таблиця 1.2 – Співвідношення статей витрат на перевезення 1 т гірської маси конвеєрними підйомниками

Показники	ІнГЗК (ДЗФ)	Північний ГЗК (ДЗФ-2)	ЦГЗК (ГЗК)	Південний ГЗК
Енергетичні витрати, %	14,3	6,6	17,6	14,8
Основна та додаткова зарплати робітників,%	4,5	3,4	5,2	3,3
Поточний ремонт і утримання основних засобів (без конвеєрної стрічки),%	15	23,7	8,7	30,8
Конвеєрна стрічка, %	10,7	11,9	12,6	12,6
Амортизація,%	52,9	50,3	48,5	36,3
Інші,%	2,6	4,1	7,5	2,2
довжина конвеєрного підйомника, км	3,0	2,8	1,7	2,6
Висота підйому, м	235	145	234	140

Встановлено, що причиною високої собівартості є: низьке

використання проектної потужності конвеєрних підйомників; нерівномірна подача навантажених автосамоскидів, зниження годинної завантаження конвеєрів (складової в окремих випадках в початку і в кінці зміни 30-50% середньої годинної продуктивності).

Практика відпрацювання кар'єрів показує, що коефіцієнт використання конвеєрів в часі досить високий і становить 0,7 - 0,88, однак годинна продуктивність становить 30-50% і тільки на ПГЗК досягає 80% технічної. Річна продуктивність конвеєрних підйомників становить 75-83% (ІнГЗК, Північний ГЗК) від проектної і тільки на ПГЗК фактична продуктивність перевищувала проектну, при цьому середній коефіцієнт використання в часі дорівнює 0,8. Показники надійності, такі як тривалість безвідмовної роботи, коефіцієнт готовності окремих конвеєрних установок в 1,2-1,6 рази вище, ніж автосамоскидів або локомотивів [7-8].

Основні показники кар'єрного транспорту - обсяги перевезень, продуктивність і ступінь використання рухомого складу - використовують при виборі місця розміщення перевантажувальних пунктів. Комбінація конвеєрного з автомобільним складальним транспортом і вперше була передбачена в проектах періоду 1965-1967 рр., коли такий комплекс був запроектований на кар'єрі ІнГЗК, потім - на кар'єрі №1 ЦГЗК, кар'єрах №2 і №3 НКГЗК, Ганнівському кар'єрі Північного ГЗК. Порівнянним періодом для порівняння проектних економічних і показників циклічно-поточної технології (ЦПТ) з фактичними є період 80-90 рр., Тому що велика частина проектів на поглиблення конвеєрних підйомників була виконана в ці роки.

Збільшення глибини кар'єрів призводить до зростання висоти підйому і довжини конвеєрів, ускладнює процес доставки руди до фабрикама і на відвал.

Дослідженнями встановлено [9], що впровадження конвеєрних підйомників на глибоких кар'єрах забезпечує підвищення продуктивності праці в 1,5-2 рази, а зниження собівартості видобутку корисних копалин – на 15-20 % незважаючи на те, що вартість конвеєрних комплексів досягає 30% від загальної вартості всього гірничого і транспортного устаткування. Загальний обсяг перевезень конвеєрами досягає 70 млн. т, що становить 30-50% від проектних про об'ємів гірської маси, що розробляється в кар'єрах з використанням конвеєрного транспорту. Частка руди, виданої через конвеєрні підйомники, досягає 60-80%. Позитивними факторами в експлуатації конвеєрних підйомників є безперервність, автоматичність їх управління, високі швидкості переміщення матеріалу, що транспортується.

Продуктивність запроєктованих конвеєрних ліній становить від 16 до 28 млн. т в рік. Швидкість руху стрічкових конвеєрів досягає 2-3 м/с при ширині стрічки 2000 мм і продуктивності 5000 т/ч.

Зазвичай конвеєр розміщують в галереї на борту кар'єра або в похилому стовбурі. Слід зауважити, що розташування конвеєра в галереї на борту кар'єра має недолік: вимагає наявності неробочого борту кар'єру для розміщення конвеєрного підйомника і проходки траншеї, яка не дозволяє використовувати інші види транспорту.

Розташування конвеєрного підйомника в похилому стовбурі має перевагу за можливостями розвитку гірничих робіт, одночасного використання інших видів транспорту в кар'єрі, а також кращого захисту конвеєрів від кліматичних факторів. Однак конвеєрні підйомники в похилому стовбурі вимагають значних капітальних витрат і великого терміну будівництва. У зв'язку з цим виникає необхідність встановити такі параметри, які забезпечили б мінімальну суму транспортних витрат на спорудження, експлуатацію

конвеєрного і складального транспорту. Основними елементами транспортного комплексу, що впливають на техніко-економічні показники роботи конвеєрної ланки, являються: довжина конвеєрів, висота підйому, в складальному автомобільному транспорті – довжина транспортування і висота підйому.

Починаючи з глибини 100-150 м, автомобільний транспорт, як правило, є складальним в комбінації з конвеєрним. На відміну від самостійного, складальний автомобільний транспорт має деякі особливості.

Досвід застосування автотранспорту поки зал, що найменша відстань транспортування спостерігається у верхній і середній зонах кар'єра і знаходиться в межах 3-5 км. У нижній зоні є зтяжні підйоми з глибоких горизонтів, внаслідок чого відстань транспортування збільшується. Авторами робіт [10] встановлено, що за 10 річний період висота підйому автомобільним транспортом зросла на 25-30% на кар'єрах ЦГЗК і ІнГЗК. Перевищення раціональної висоти підйому автотранспорту (100-120 м) і відстані транспортування (2-4 км) [3] обумовлюють важкий режим роботи автосамоскидів і передчасний їх знос. Проте, в існуючих проектах при автомобільно-конвеєрному транспорті передбачена доставка гірської маси автосамоскидами на трохи більшу висоту - до 150-160 м.

В сучасних кар'єрах при висоті підйому гірничої маси на 200 м і більше і відстанях перевезення понад 3,5 км самостійне застосування автотранспорту навіть вантажопідйомністю 120 т і більше вважається недоцільним.

Одним з найважливіших ланок автомобільно-конвеєрного комплексу є дробильно-перевантажувальний пункт, який визначає працездатність всього транспортного комплексу. На нього припадає до 30% витрат по створенню і експлуатації транспортного

комплексу.

При досягнутих глибинах на кар'єрах України перевантажувальні пункти, як правило, споруджуються стаціонарно. Знаходяться вони на поверхні біля борту або всередині кар'єра на тривалий термін експлуатації (до 10 років і більше). Останнім часом спостерігається тенденція до переходу на пересувні дробарки, наявні є менший термін експлуатації на одному місці.

На сучасних кар'єрах знайшли застосування в основному стаціонарні перевантажувальні пункти, оснащені дробарками ККД-500/180 продуктивністю до 25 млн. т в рік.

Схема розвитку та технологія відпрацювання кар'єра обумовлюють з економічних міркувань різні умови розміщення перевантажувальних пунктів. Так, наприклад, розташування перевантажувального пункту в нижній частині робочої зони кар'єру при розтині і напрямку поглиблення по неробочому борту дозволяє скоротити відстань транспортування автосамоскидами.

Зі збільшенням глибини кар'єрів висота розміщення перевантажувальних пунктів в результаті зниження гірничих робіт перевищує раціональну для кар'єрного складального автотранспорту.

Тим не менш очевидно, що розміщення конвеєрних установок в кар'єрі позитивно впливає на ефективність застосування складального автотранспорту і подальше формування транспортного комплексу.

Аналіз проектних рішень показав наступне. Автомобільно-конвеєрний комплекс споруджується не одночасно, а по етапах, які визначають час (роки) між введенням в експлуатацію чергових перевантажувальних пунктів. Труднощі, що існують при їх проектуванні, виникають через необхідність врахування великої

кількості факторів, що впливають, серед яких слід виділити режим гірничих робіт.

У зв'язку з тривалим терміном будівництва (від 3 до 7 років) і існування перевантажувального пункту необхідно максимально наблизити технологічні показники його роботи до оптимальним. Це можна здійснити при обліку в проектуванні режиму гірничих робіт напрямки поглиблення, що дає можливість більш ефективно використовувати конвеєрний комплекс.

2 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

На великих кар'єрах транспорт характеризується складною технологічною структурою, в яку входять детально досліджені окремі підсистеми, такі як технологічні транспортні комплекси, екскаваторного-транспортні комплекси, перевантажувальні та розвантажувальні комплекси, транспортні комунікації, навантажувальний і транспортне обладнання.

В результаті інтенсивного розвитку відкритих гірничих робіт структура транспортних комплексів в кар'єрах ускладнилася. Це ускладнення, пов'язане зі збільшенням глибини кар'єрів, зумовило необхідність безперервного нарощування транспортних комунікацій і парку технологічного обладнання, а також введення нових перевантажувальних пунктів. Крім цього, у міру розвитку кар'єра і погіршення умов експлуатації вже застосовується транспорту вводять інші його види.

Досліджуючи питання розміщення і перенесення дробильно-перевантажувальних пунктів в кар'єрі, М.Г. Новожилов [11] розглядає розташування концентраційного горизонту на верхньому, одному з середніх і нижньому уступі групи уступів, що відпрацьовується, тобто на кордонах робочої і неробочої зони і безпосередньо в робочій зоні кар'єру. Аналізуючи ці варіанти, робиться висновок про доцільність розміщення концентраційного горизонту безпосередньо в робочій зоні кар'єру, що підтверджується проведеними техніко-економічними розрахунками.

В роботі [11] автор, використовуючи показники швидкості посування виймальних-навантажувального обладнання на робочих уступах і зростання відстані доставки вантажу, за допомогою методів векторної алгебри прийшов до висновку про доцільність розташування перевантажувальних пунктів нижче робочих уступів, на яких проводиться завантаження гірської маси в автосамоскиди. З цього практично випливає, що розташування концентраційного горизонту поєднується з поточним дном кар'єра, а ДПП повинен розміщуватися в підземній виробці, розташованій на будь-якій глибині нижче поточного дна кар'єра.

Для пристрою ДПП потрібно підземна виробка значних розмірів, а щоб його завантажувати необхідна проходка рудоспуску, що відпрацьовується в міру зниження гірничих робіт. Влаштування рудоспуску ускладнюється тим, що по ньому повинна перепускатися гірська маса безпосередньо після буро-вибухових робіт.

В процесі відпрацювання кар'єра ДПП може виявитися на нижній межі робочої і неробочої зони, а потім і безпосередньо в робочій зоні.

Істотний вплив на витрати, пов'язані з переходом на ЦПТ, зумовлюють і умови розміщення конвеєрних підйомників. У разі розміщення ДПП безпосередньо в робочій зоні кар'єру конвеєрні підйомники можуть встановлюватися в траншеях, пройдених на постійному або тимчасово- законсервованому бортах кар'єра, а також в похилих стволах з виходом до ДПП через підземні виробки (квершлаг, штольні). Похилі стволи та інші допоміжні виробки повинні проходитися за граничним контуром кар'єра. У такій ситуації у міру зниження гірничих робіт для збереження раціональної відстані доставки гірничої маси складальним автомобільним транспортом необхідно переносити ДПП на нижчі горизонти і подовжувати

конвеєрні лінії. Варіант розміщення ДПП нижче робочої зони реалізується тільки при установці похилих конвеєрів в підземних виробках.

Перевага варіанту розміщення ДПП нижче робочої зони полягає в тому, що установка обладнання дробильно-конвеєрного комплексу (ДКК) в підземних виробках не дають істотного впливу на розвиток гірничих робіт і транспортних комунікацій в кар'єрі і усуває необхідність перенесення ДПП до кінця відпрацювання кар'єра. Крім того, з пониженням гірничих робіт при постійному зменшенні підйому гірничої маси конвеєрним підйомником відстань транспортування складальним автомобільним транспортом завжди може залишатися раціональним.

Істотними недоліками розміщення обладнання ДПК в підземних виробках є:

- значні капітальні єдино-часові витрати на будівництво споруд, обладнання та тривалий термін введення в експлуатацію ДПК, внаслідок чого відбувається заморожування капіталу і практично неприпустимо збільшується термін його повернення;

- великий ризик вкладання інвестицій у здійснення цього проекту внаслідок невизначеності кон'юнктури ринку сировини протягом тривалого періоду часу;

- збільшення відстані транспортування гірничої маси (за рахунок її опускання по рудоспуску і подальшого перепідйому конвеєрними установками);

- істотні обмеження для ведення вибухових робіт внаслідок розташування устя рудоспуску в робочій зоні кар'єру;

- значні труднощі в забезпеченні надійної роботи рудоспуску при перепуску по ньому крупно-кускової гірської маси безпосередньо після вибухових робіт.

У варіанті розміщення ДПП нижче робочої зони кар'єру можна істотно скоротити витрати на підземні виробки за рахунок використання круто-похилих конвеєрів, які можуть встановлюватися під кутом, рівним куту погашення борту кар'єра або більш його. Протяжність похилого ствола для крутопохилого конвеєра в два і більше разів менше, ніж для звичайного стрічкового конвеєра. З огляду на досить істотну очевидну різницю у вартості підземних виробок і траншей для розміщення конвеєрного транспорту, навіть цей варіант вимагає ретельного опрацювання. Це тим більш важливо, оскільки розроблені схеми ЦПТ з відкритим розміщенням обладнання ДПК в кар'єрному просторі, при використанні яких виключається додатковий рознос борту і залишення постійних ціликів під необхідні майданчики [12].

На підставі вищевикладеного, при вирішенні завдання вибору місця розташування ДПП в кар'єрі, доцільно розглянути два варіанти.

1. ДПП розташовується нижче робочої зони кар'єру в підземних виробках. Гірська маса завантажується в нього через рудоспуск. Видача гірської маси після дроблення на поверхню кар'єра виконується крутопохилим конвеєром, встановленим в похилому стволі за граничним контуром кар'єра (рис. 2.1). У цьому варіанті доцільно використовувати стаціонарний ДПП.

2. ДПП розміщується в робочій зоні кар'єру на тимчасово неробочому борту. Завантаження гірської маси в дробарку здійснюється через бункер-живильник. На поверхню гірська маса транспортується передавальним конвеєром і стаціонарним конвеєрним підйомником, встановленими в траншеї (в напівтраншеї) на постійному борті кар'єра. У цьому випадку доцільно використовувати пересувні ДПП.

Аналіз і техніко-економічне порівняння двох варіантів (рис. 2.2),

виконане в роботі [12-13], що приведені сумарні витрати на ДКК за варіантом II нижче на 27% щодо витрат за варіантом I. Крім більш високих витрат слід зазначити, що початок окупності інвестицій в варіанті I настане пізніше, ніж у варіанті II на період рівний різниці в термінах будівництва комплексів.

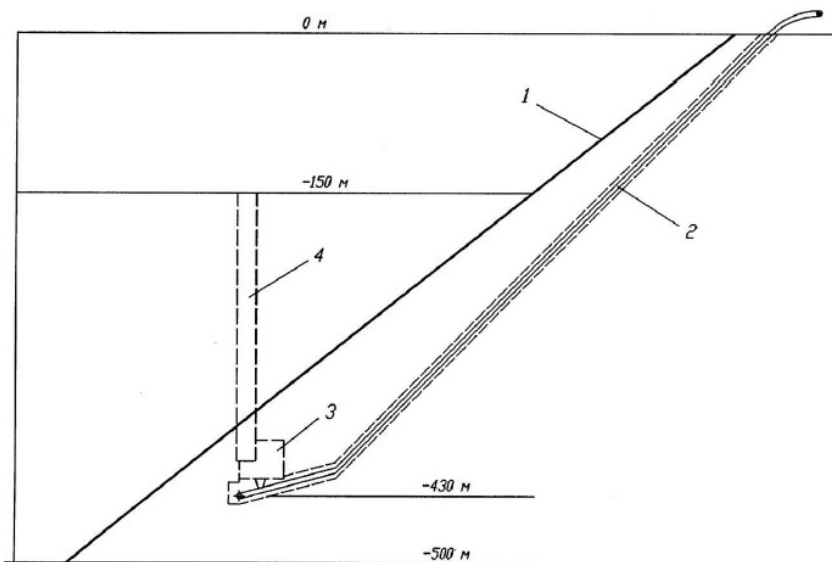


Рисунок 2.1. Схема ЦПТ із розміщенням ДПП нижче робочої зони кар'єра в підземних виробках: 1 – борт кар'єру; 2 – крутопохилий конвеєр у похилому стволі; 3 – ДПП; 4 – рудоспуск.

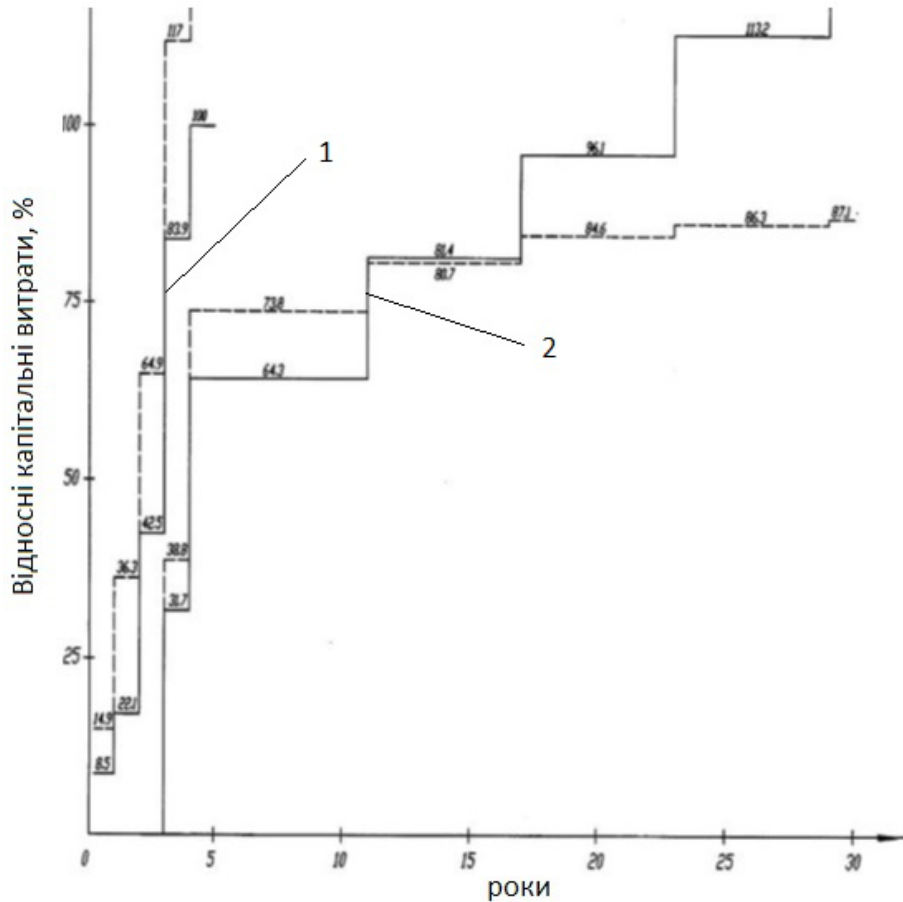


Рисунок 2.2. Сумарні відносні капітальні витрати за варіантами ДПК: суцільна лінія – фактичні витрати; пунктирна – приведені витрати; 1 – витрати по варіанту I; 2 – витрати по варіанту II.

Проведені дослідження показали, що на глибоких кар'єрах при раз-розробці корисних копалин із використанням циклічно-поточної технології ДПП доцільно розташовувати безпосередньо в робочій зоні кар'єру. Це положення обґрунтовано наступними факторами:

- менший обсяг гірничо-будівельних робіт і термін введення ДКК

в експлуатацію;

- різночасовість вкладення інвестицій з істотно меншими початковими капітальними витратами;

- менші загальні дисконтовані капітальні та експлуатаційні витрати.

Додатково підтверджено перевагу використання крутопохилих стрічкових конвеєрів в комплексах ЦПТ на кар'єрах в рівних умовах зі звичайними стрічковими конвеєрами.

При розробці кар'єрів нагорного типу із застосуванням ЦПТ гірську масу з нагірної частини доцільно подавати на підземний ДПП через рудоспуск. Гірничу масу з глибинної частини кар'єра повинна завантажуватися у відкриті ДПП. Крім того, розташування ДПП нижче робочої зони можливо на кар'єрах з пологим заляганням корисних копалин.

Висота розташування дробильно-перевантажувального пункту при переході до виробництва робіт по використовуваній і черговій схемах розкриття досить суттєво впливає на відстань перевезень. Так, наприклад, розкриття горизонтів кар'єра здійснюють із заданим кроком перенесення дробильно-перевантажувального пункту, при якому за розрахунками можна досягти мінімальних відстаней перевезень. Але якщо висота розташування пункту при переході до виробництва робіт по використовуваній і черговій схемам розкриття буде більше встановленої, то розробку на даних етапах здійснюватимуть з більшим, ніж мінімальна, відстань перевезення. Це видно з наступного (рис. 2.3).

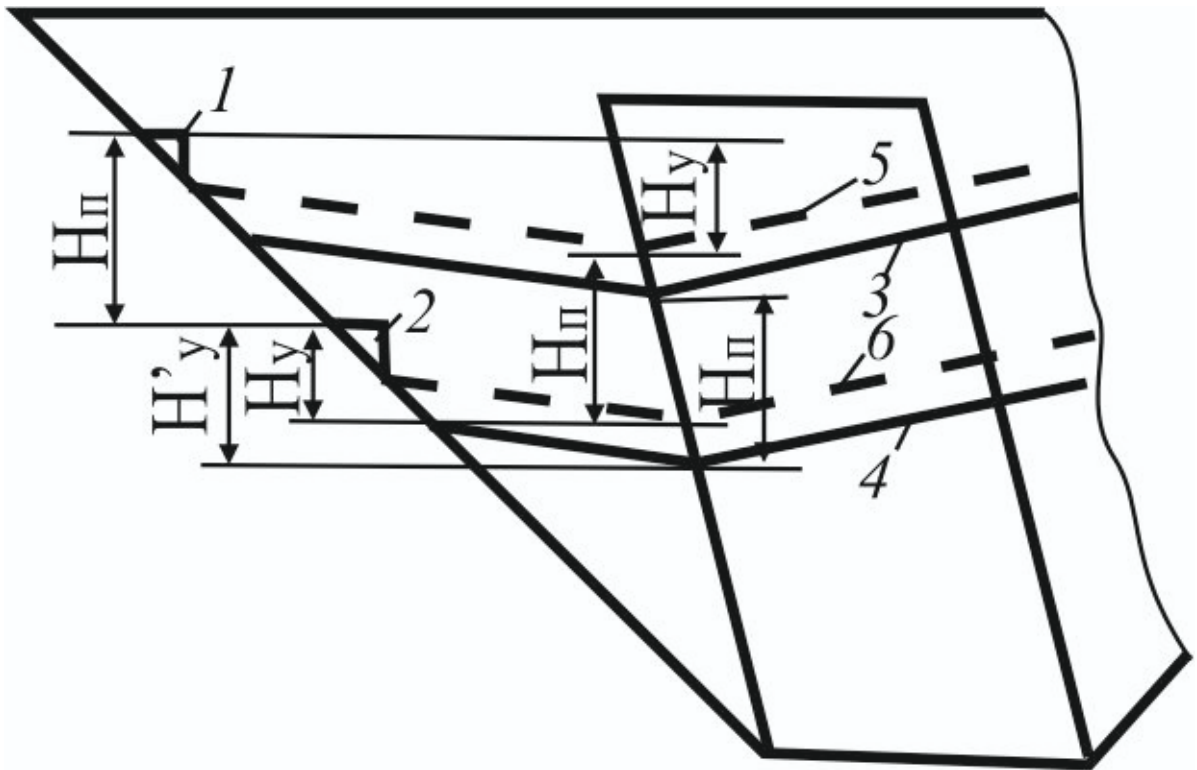


Рисунок 2.3. Схема до визначення впливу висоти розташування і кроку перенесення дробильно-перевантажувального пункту на відстань перевезень

З використанням дробильно-перевантажувального пункту 1 при висоті його розташування H_y передбачалося відпрацювати частину кар'єра, обмежену положенням робочих зон 5 і 6. Однак розробка здійснювалася при висоті розташування пункту $H_{y'} > H_y$ і відпрацьована частина кар'єра, обмежена положеннями робочих зон 3 і 4. Глибина між робочими зонами 5 і 6, 3 і 4 дорівнює кроку

перенесення перевантажувального пункту. Однак, оскільки частина кар'єра, обмежена робочими зонами 3 і 4, відпрацьована при більшій висоті розташування пункту, ніж передбачалося (і до більшої глибини кар'єру), то і відстань перевезень від неї до дробильно-перевантажувального пункту 1 більше відповідно до величини Ну'-Ну. Глибину між положенням нижнього горизонту робочої зони спочатку виконання робіт з використанням прийнятої схеми розкриття і положенням нижнього горизонту при закінченні робіт за цією ж схемою приймаємо як глибину розкриття горизонтів. Крок перенесення дробильно-перевантажувального пункту буде дорівнює глибині розкриття горизонтів в тому випадку, якщо висота розташування пунктів буде однаковою при переході до виконання гірничих робіт по використовуваних і наступній схемах розкриття горизонтів. Таким чином, необхідно встановити висоту розташування пункту при переході до виробництва робіт за черговою схемою розкриття та кроком перенесення пункту. Для досягнення мінімальних відстаней перевезень за етап розкриття ці параметри визначаються з наступного. Дробильно-перевантажувальний пункт розташовують у нижній частині робочої зони при переході до виробництва робіт за черговою схемою розкриття. Перед перенесенням він розташовується у верхній частині робочої зони (рис. 2.3а). У цьому випадку відстань перевезень, як показано вище, змінюється по параболічній залежності. Спочатку виконання робіт з використанням прийнятої схеми розкриття відстань транспортування має найбільше значення. Потім вона знижується до мінімального, а потім знову збільшується. Таким чином, необхідно, щоб висота розташування пункту при переході до виробництва робіт за прийнятою схемою розкриття була при такому положенні пункту в нижній частині робочої зони, при якому в початковий період були б

досягнуті найбільші значення відстаней перевезень. Потім при зниженні гірських робіт воно було б мінімальним (при розташуванні перевантажувального пункту в середині робочої зони), а після досягнення його максимального значення при розташуванні перевантажувального пункту у верхній частині робочої зони повинен бути здійснений перехід до виробництва робіт за черговою схемою розкриття.

Висота розташування пункту при переході до виробництва робіт по черговій схемі розкриття визначається виходячи з середньозваженої по висоті робочої зони відстані транспортування L_p гірничої маси до пункту:

$$L_p = \left(\frac{H_y^2}{h_p} - H_y + \frac{h_p}{2} \right) \frac{k_p}{i_a} \quad (2.1)$$

де h_p – висота робочої зони, м;

K_p – коефіцієнт розвитку траси

$$H_y = 0,5h_p - \sqrt{\left(\frac{L_p i_a}{K_p} - 0,25h_p \right) h_p} \quad (2.2)$$

де i_a – керівний ухил автотранспорту,

Крок переносу дробарно-перевантажувального пункту:

$$H_n = 2 \sqrt{\left(\frac{L_p i_a}{K_p} - 0,25h_p \right) h_p} \quad (2.3)$$

Середня відстань перевезень за період виконання гірничих робіт з використанням прийнятої схеми розкриття складе:

$$L_{cp} = \frac{K_p}{H_n i_a} \int_{H_y}^{H_y + H_n} \left(\frac{H_{y.n}^2}{h_p} - H_{y.n} + \frac{h_p}{2} \right) dH_{y.n} \quad (2.4)$$

де $H_{y.n}$ – змінна висота розміщення пункту, м

Після спрощення виразу з інтегралом отримуємо рівняння (2.5):

$$L_{cp} = \frac{K_p}{i_a} \left[\frac{(H_n + H_y)^2}{3h_p} + \left(\frac{H_y - 1}{3h_p} - \frac{1}{2} \right) (2H_y + H_n) - \frac{h_p}{2} \right] \quad (2.5)$$

В таблиці 2.1 приведені значення висоти розміщення і кроку переносу пункту при його розміщенні в межах робочої зони кар'єра.

Таблиця 2.1. Висота розміщення і крок переносу дробарно-перевантажувального пункту

Висота робочої зони, м	Відстань автоперевезень, м					
	до 1000		1500		2000 и более	
	Висота розміщення., м	Крок перен., м	Висота розміщення., м	Крок перен., м	Висота розміщення., м	Крок перен., м
90	15	60				
150			30	90		
210			30	120		
Більше 210					30	160

Для більш наочного розуміння прямого впливу висоти робочої зони та, відповідно, середньозваженої дальності транспортування гірничої маси, на рисунку 2.4 наведено тривимірний графік залежностей цих величин. При цьому область значень, при якій відстань транспортування не відповідає реальним значенням висоти робочої зони, на графіку залишається плоскою.

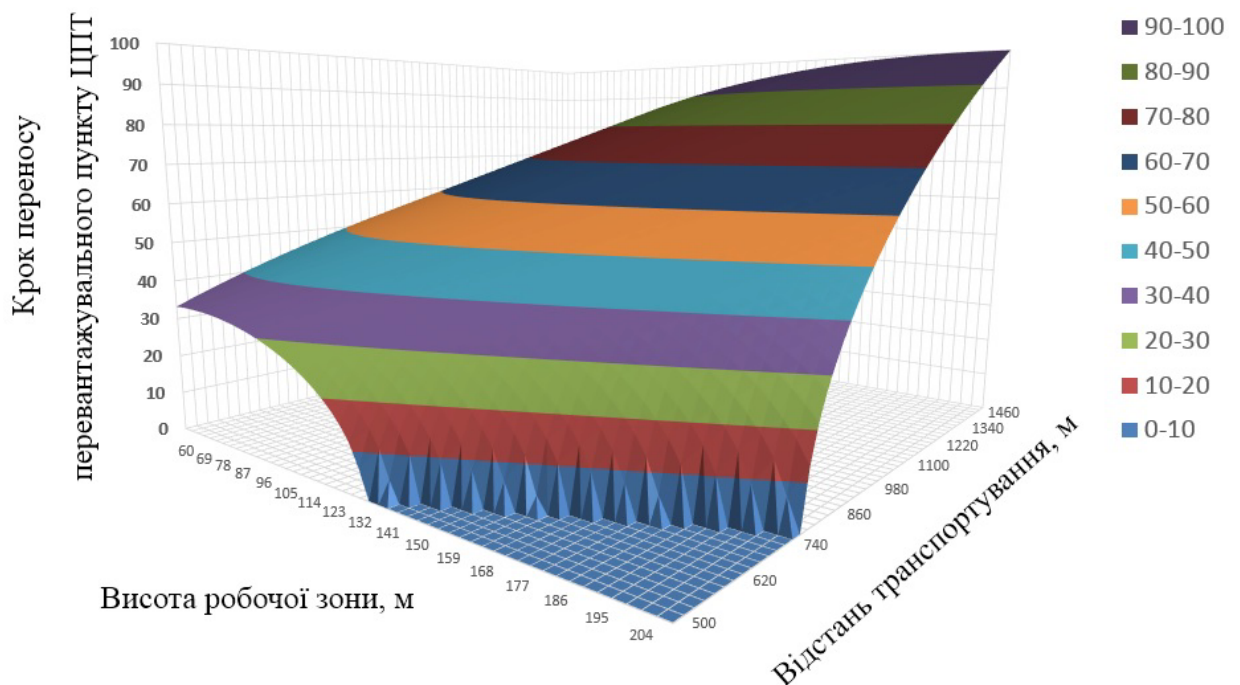


Рисунок 2.4. Залежність кроку переносу перевантажувального пункту від дальності транспортування і висоти робочої зони

Для умов кар'єра ПівдГЗК ЦПТ мінус 210 м в майбутньому необхідно переносити на горизонт мінус 330 м (крок переносу 120 м).

Складність сучасних транспортних схем і різноманіття умов їх застосування зумовили необхідність появи нових теоретичних досліджень формування кар'єрного транспорту. Багатьма авторами [5, 7, 11-14] були вивчені різні гірничотехнічні, гірничо-геологічні, організаційні та інші фактори, що впливають на ефективність кар'єрного транспорту. Ці фактори, а також структурні зміни транспорту, з'явилися основними ознаками систематизації [13] транспортних комплексів при їх великому різноманітті і складності. Як зазначає академік Н.В. Мельников [15], основною ознакою технологічної схеми транспорту є напрямок вантажопотоків і (взаєморозташування транспортних комунікацій, що зв'язують пункти навантаження гірської маси з пунктами призначення її транспортування. Ця ознака транспортних схем кар'єрів використовувався в дослідженнях багатьма авторами: В.В. Ржевським, В.М. Васильєвим, М.Г. Новожиловим, О.П. Співаковським та іншими.

Однак такий підхід не відображає змін структури транспортного комплексу в технологічній схемі. Як правило, переміщення транспортних комунікацій, перевантажувальних пунктів і т.д. не викликають зміни в технологічних схемах, але ускладнюють роботу транспортного комплексу.

У зв'язку з цим в науково-технічній літературі з'явилося нове поняття "формування транспортного комплексу". У роботах [7, 15, 13] під поняттям "формування транспортного комплексу" автори мають

на увазі зміна таких основних його параметрів, як крок розміщення і кількість перевантажувальних пунктів, відстань перевезення транспортним комплексом в міру розвитку кар'єра, а також введення нових видів транспорту в сформовану технологічну схему і ін.

Крім згаданих вище факторів, що впливають на формування транспортного комплексу та ефективність його функціонування, суттєвими є й такі чинники, як система розробки родовища, параметри кар'єра, гірничотехнічні умови експлуатації, темпи і масштаби розвитку гірничих робіт, обумовлені запланованими обсягами виїмки гірської маси, а також науково-технічний прогрес.

У дослідженнях авторів робіт [6, 10] визначальним фактором формування будь-якого транспорту прийняті темпи і масштаби гірських робіт. Має існувати суворе відповідність темпів і масштабів розвитку гірничих робіт і змін в транспортному комплексі. Так, наприклад, занадто швидкий розвиток гірських робіт найчастіше призводить до збільшення відстані перевезень в забійній ланці [16].

В роботі [16] зазначено, що наявність системи тимчасових з'їздів до переходу на новий концентраційний горизонт призводить до перерозподілу обсягів гірничої маси, що змінюють напрямок розвитку гірничих робіт. В роботі [13] розглянуто вплив висоти робочої зони кар'єру на відстань транспортування при різних напрямках поглиблення. Однак в цих роботах не врахований режим гірничих робіт порядок виконання розкривних і видобувних робіт в межах кар'єрного поля.

Як зазначає автор роботи [15], одним з основних факторів, що визначають ефективний розвиток гірських робіт при комбінованому автомобільно-конвеєрному транспорті, є напрямок поглиблення. Однак при цьому розвиток гірських робіт

розглядалося без урахування взаємовпливу його на вибір місця розміщення перевантажувальних пунктів. Крім того, не враховано зміни гірничо-геологічних умов родовища, що розробляється.

Система розробки, як фактор, визначає порядок формування транспортного комплексу. Вона органічно пов'язана з розстановкою комплексу машин і механізмів, що забезпечують виконання встановлених обсягів і порядку гірничих робіт [1]. В міру розвитку гірничих робіт змінюється розстановка технологічних комплексів. У зв'язку з тим, що поняття системи розробки передбачає безперервне зміна гірських робіт, автори О.І. Арсентьев, , М.С. Четверик [12-14], В.Л. Яковлев [17], В.П. Линев [18], М.Г. Новожилов [11] вважають, що в основі системи розробки лежить формування робочої зони кар'єру в просторі і в часі, що в свою чергу, призводить до зміни транспортного комплексу.

Слід зазначити, що, на думку авторів робіт [19], вибір виду транспорту і технологічного комплексу впливає на формування робочої зони. Існує також встановлений в роботах [13, 20] тісний зв'язок при виборі способу розкриття і транспортного комплексу.

Так, за період з 1957 по 2020 р вантажопідйомність автосамоскидів на відкритих гірничих роботах змінилася з 25 до 180 т, а місткість ковша екскаватора - з 3 до 20 м³.

Під впливом розглянутих факторів відбувається також зміна показників транспортного комплексу.

Висота робочої зони кар'єру безперервно зростає, складаючи на кар'єрі ІнГЗК 280 м (1990 р) і 450 м (2023 р). Цей фактор відіграє вирішальну роль при використанні комбінованого транспорту з конвеєрними підйомниками.

Оскільки автомобільно-конвеєрний транспорт працює в змінюваному геометричному просторі кар'єра, у міру відпрацювання

кар'єра центр ваги мас гірських порід, що відпрацьовуються, переміщається вниз [1] і в зв'язку з цим збільшується висота підйому транспортним комплексом. Такий характер зміни робочої зони викликає зміна умов експлуатації транспортних комплексів.

Автомобільно-конвеєрний транспорт є економічно виправданим тільки в певних гірничотехнічних умовах. Практично головним параметром, що визначає такі умови, слід вважати відстань перевезення. У початковий період застосування автомобільного транспорту вважали, що економічно вигідне відстань відкатки має бути не більше 3 км для кар'єрних автомобілів вантажопідйомністю 70-80 т, а для самоскидів вантажопідйомністю 100-120 т - до 7 км. При цьому довжина конвеєрних ліній може досягати 4-5 км.

Відстань автоперевезень залежить від висоти розташування перевантажувального пункту, швидкості зниження гірничих робіт. Ці параметри повинні бути диференційовані по зонах кар'єра, так як від них залежить витрата дизельного палива, шин і ін.

Середня відстань транспортування, як правило, визначається по середній висоті підйому, коефіцієнту розвитку траси і керівному ухилі траси. У деяких розрахунках враховують і висоту робочої зони [30, 40]. Причому дальність транспортування може бути зменшена, якщо по висоті робочої зони будуть споруджуватися кілька перевантажувальних пунктів. Однак висока ефективність автомобільно конвеєрного комплексу не завжди досягається при мінімальних відстанях перевезення. Цілком очевидно, що цей параметр не повністю характеризує транспортну систему, тому доцільно враховувати також висоту підйому, яка в результаті інтенсивного зниження гірничих робіт безперервно збільшується. Аналіз гірничотехнічних умов залізородних кар'єрів показує, що найбільш мінливими є названі вище параметри.

Відомо, що за ступенем впливу на експлуатаційні показники автосамоскидів і їх технічний стан на першому місці стоїть такий параметр, як висота підйому гірничої маси, яка, в свою чергу є функцією прийнятої системи розробки, глибини кар'єра, стану гірничих робіт і положення перевантажувального пункту на певний період експлуатації. При цьому за висоту розташування пункту приймають висоту між введенням в експлуатацію перевантажувальним пунктом і нижнім горизонтом робочої зони.

В цілому висота розташування перевантажувального пункту при переході до чергової схемою розкриття горизонтів повинна бути такою, щоб у процесі використання схеми розтину висота підйому гірничої маси автосамоскидом з нижнього горизонту до перевантажувального пункту не перевищувала граничну, визначену по нагріванню двигунів самоскида. Це є обмежуючим умовою по кроку розміщення перевантажувального пункту.

Для розрахунку продуктивності автосамоскидів, в залежності від висоти підйому і відстані перевезень, в роботі [12] запропоновано емпіричні коефіцієнти. Однак в цьому випадку не враховують ухил траси і тим самим занижують ступінь впливу гірничотехнічних умов.

Для планування розвитку гірничих робіт на різних ділянках кар'єрів доцільно враховувати витрати на транспортування руди і розкриву. Зі збільшенням висоти підйому зростає частка часу руху навантаженого автосамосвала на підйом в загальному часу рейсу. Вважається, що кожні 100 м підйому ведуть до збільшення часу руху з вантажем на 4 хв. Збільшення висоти підйому істотно знижує швидкість руху автосамоскидів, а також збільшує простої при технічному обслуговуванні та ремонті.

До висоти підйому ставлення різних дослідників було неоднозначним. На початку 60-х років було прийнято вважати, що

раціональна висота підйому автотранспортом залежить від продуктивності кар'єру. У 70-х роках вважали, що автомобільний транспорт з успіхом може застосовуватися (самостійно і в комбінації) при глибинах розробки до 80-100 м.

У 80-х роках склалася думка, що головною умовою ефективного застосування автомобільного транспорту в комбінованих схемах є таке розташування і своєчасний перенесення перевантажувальних пунктів, при якому висота підйому обмежена 60-80 м, у виняткових випадках може досягати 100 м. Доцільність комбінованого транспорту визначається умовами роботи автосамоскидів через залежності їх від висоти підйому. Внаслідок цього виникло прагнення до максимального скорочення висоти підйому до перевантажувального пункту: для автомобілей 75 т і більше висота підйому має досягати 80-100 м.

Практично зазначені нормативи не дотримуються з тієї причини, ч то немає рекомендацій по формуванню автомобільно-конвеєрного комплексу, що забезпечують задані параметри. Крім того, висота підйому так само, як і відстань перевезень, не в повній мірі характеризує транспортний комплекс. Необхідні додаткові аргументи визначають роботу транспортного комплексу в конкретних гірничотехнічних умовах відпрацювання кар'єра. Одним з істотних, але мало досліджених є питання про крок перенесення перевантажувального пункту.

У 60-х роках в проектах з відпрацювання кар'єрів визначається не раціональний інтервал перенесення, а оптимальне число переносів дробарок, враховуючи, що зі збільшенням глибини кар'єра інтервал перенесення дробильно-перевантажувальних пунктів змінюється .

Оцінка варіантів розкриття за сумарними приведеними

витратами показала, що найбільший вплив на вибір оптимального варіанта розкриття глибоких горизонтів кар'єрів надає глибина закладення розкривають виробок.

В роботі [21] перевантажувальні пункти рекомендується розташовувати по глибині кар'єра з кроком 45-60 м таким чином, щоб відстань перевезення автотранспортом не перевищувало 1,2-1,5 км. Оптимальною глибиною розташування перевантажувального пункту є така, при якій загальні витрати часу на транспортування гірських порід є найменшими, а загальна продуктивність транспортного комплексу -найбільшої.

Відмінними є результати досліджень автомобільно-скіпового транспорту, які показали, що крок перенесення перевантажувального пункту є величиною змінною і зростає в міру збільшення глибини кар'єра [18].

В роботі [25] крок перенесення перевантажувальних пунктів визначають з умови досягнення економічно обґрунтованої відстані автоперевезень, яка по-різному для різних типів автосамоскидів і не повинна перевищувати 1,5-2,5 км.

Для кар'єра ІНГЗК в роботі [8] оптимальний крок перенесення дробильної установки рекомендований 80 м. Однак проектом передбачається поглиблення стовбурів і перенесення дробарок через 60 і 90 м.

У 90-х роках для ефективного застосування автомобільно-конвеєрного транспорту в розрахунках брали крок перенесення перевантажувального пункту в інтервалі 40-100 м. Такий розкид значень при виборі кроку перенесення обумовлений відмінністю гірничотехнічних умов застосування розглянутих транспортних комплексів, їх розміщенням на робочому або неробочому борту кар'єра, типом обладнання, що застосовується.

Слід зазначити, що перераховані параметри істотно впливають на роботу автомобільно-конвеєрного транспорту, але не можуть служити однозначним критерієм, тому для критерію слід використовувати економічний параметр в витратах на розрахунковий момент часу (проектований етап).

Для вибору оптимальних параметрів автомобільно-конвеєрного транспорту критерієм служили найменші сумарні витрати. На основі даних розрахунку попереднього концентраційного горизонту розраховували кожен наступний. У вартість підйому гірничої маси включали вартості спорудження перевантажувального пункту, можливого додаткового розносу бортів кар'єру, транспортування гірничої маси. Однак, при визначенні раціональних параметрів автомобільно-конвеєрного транспорту, наприклад, кроку перенесення перевантажувального пункту, бралися до уваги тільки експлуатаційні витрати без урахування ефективного використання капітальних вкладень на конвеєрний транспорт.

Техніко-економічна постановка задачі полягає в тому, щоб визначити висоту відпрацьовується шару, час будівництва нового дробильно-перевантажувального пункту, для яких сумарні наведені витрати на транспортування гірської маси з забоїв до поверхні автомобільно-конвеєрним транспортом були б мінімальними [24].

Існують і інші підходи при виборі транспорту, які в якості критерію рекомендують максимальну величину прибутку підприємства на одиницю капітальних вкладень [18]. Розрахунок величин витрат і прибутку виробляють з урахуванням собівартості продукції в кожному році розглянутого періоду, амортизаційних відрахувань на реконструкцію, капітальні витрати, коефіцієнта обліку фактора часу. Але розрахунки за формулами зі змінними коефіцієнтами беручи до уваги фактор часу можуть бути зроблені

тільки для наближених оцінок.

Прийняті в якості критерію оцінки порівняльної ефективності різних варіантів формування кар'єрного транспорту наведені витрати пропонується доповнити оцінкою гірничо-транспортної системи за рівнем її виробничої потужності, надійності роботи. Вибір схем розтину при автомобільно-конвеєрному транспорті виробляють за інтегральним критерієм витрат і коефіцієнтом ефективності схеми розтину, визначеному ставленням роботи, яку необхідно виконати на заданій глибині кар'єру конвеєрним або автомобільним транспортом, до роботи, яка буде виконана при конкретній схемою [22]. Однак цей критерій не враховує вплив типу транспорту.

Економічну ефективність автомобільного транспорту встановлюють по мінімуму сумарних щорічних витрат і питомих капітальних вкладень на одиницю видобутку, розкриву і гірської маси, розрахованих по роках на весь термін служби існування рудника. В роботі [23] рекомендується техніко-економічне порівняння витрат за видами кар'єрного транспорту проводити методом варіантів не по розрахунковому році, а на весь період експлуатації кар'єру з урахуванням різночасності і розсосередженості здійснюваних капітальних витрат в часі, встановленого терміну служби транспортних засобів.

Для вибору оптимального виду транспорту при різночасності капітальних витрат і змінюються в часі поточних витратах необхідно, витрати більш пізніх років приводити до поточного моменту. Час приведення різночасових витрат при оптимізації відкритих розробок рекомендується приймати не більше 20 років. Фактор часу враховують за допомогою коефіцієнта приведення через показник часу в роках для відповідного періоду експлуатації кар'єра.

Пропонують також в якості критерію оптимальності приймати мінімум загальних витрат часу для доставки гірських порід з кар'єру до пункту призначення [16]. Однак при цьому не враховують обсяги вивезення гірської маси. Без урахування погоризонтних обсягів транспортованих на перевантажувальний пункт, можна визначити повноту завантаження конвеєра.

Для перспективного планування показників кар'єрного транспорту встановлюють майбутні гірничотехнічні умови, причому обсяги видобутку руди і розкриву визначають за глибиною (по горизонтах кар'єра).

Автори [24] зазначають, що проектування технічних систем, і систем транспортування з використанням конвеєрного транспорту, має відбуватися з урахуванням адаптації виробничої системи до динамічних умов господарювання.

При виконанні проектів розташування пункту перевантаження оптимізується на період 10-15 років з урахуванням обсягу гірських порід, який буде розроблений на першому етапі експлуатації. Період оптимізації рекомендується приймати в залежності від масштабу гірських робіт (включаючи період проектування і будівництва): для знову проєктованих підприємств з річним обсягом по гірничій масі більше 40 млн.т - 15-20 років; при меншій продуктивності - 10-15; для реконструйованих підприємств - відповідно 7-10 і 5-7 років [10].

Для вибору місця розміщення перевантажувального пункту використовувати прибуток як критерій ефективності можна, так як транспортний процес не має кінцевої продукції. У зв'язку з цим в якості зі складових критерію повинні використовуватися показники, що включають експлуатаційні і капітальні витрати.

У методиці [21] визначається не раціональний інтервал перенесення, а оптимальне число переносів дробарок, маючи на увазі,

що з глибиною кар'єра інтервал перенесення дробильно-перевантажувального пункту змінюється. Однак, дана методика не дозволяє правильно розподілити перевантажувальні пункти по робочій зоні кар'єра. Такий підхід прийнятний для родовищ з малою потужністю рудних тіл і малим терміном відпрацювання уступів. Для родовищ з більшою глибиною оптимальний крок переноса повинен визначатися в залежності від глибини розташування групи уступів, які відпрацьовуються на розглянутий концентраційний горизонт, ширини і довжини кар'єрного поля, кутів укосу бортів кар'єру і вартості транспортування [21].

За мінімуму сумарних витрат на підйом гірської маси з конкретних горизонтів виробляють вибір варіанту розташування перевантажувального пункту. Основний недолік цих методик полягає в тому, що параметри місця розташування перевантажувального пункту визначені тільки на один статичний момент (розрахунковий рік).

В роботі [22] пропонують визначення кроку перенесення перевантажувальних пунктів виробляти по найбільшому економічно доцільного відстані транспортування автосамосвалами і за умовою нагріву тягових двигунів. Ця методика також не враховує обсяги транспортування гірської маси.

Методика [21] враховує висоту підйому автотранспортом, висоту розташування перевантажувального пункту при виконанні робіт з перенесення концентраційного горизонту, глибину розкриття горизонтів, коефіцієнт розвитку траси, ухил автомобільних доріг. Тим не менш в роботі не враховані зміни вантажопотоків автотранспорту, які залежать від режиму гірничих робіт. Існуючі методики не дозволяють знайти оптимальне рішення по причині критеріальних неузгодженостей. Ця ж причина не дозволяє визначити і врахувати

наслідки прийнятих рішень на будь-який період відпрацювання кар'єра аж до його проектної глибини.

З ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КРУТОПОХИЛИХ КОНВЕЄРІВ

Автомобільно-конвеєрний транспорт напівскельних і скельних гірських порід (або циклічно-поточна технологія) отримав широкого розповсюдження на сучасних кар'єрах. Початок застосування циклічно-поточної технології датується 1956 роком, коли фірма Krupp вперше встановила дробарку власне в кар'єрі для перевантаження вапняка з циклічного автотранспорту на поточний конвеєр. З того часу кількість систем ЦПТ вимірюється десятками, перевищивши сотню прикладів.

Питоме енергоспоживання ЦПТ, що застосовується на залізрудних кар'єрах СНД в порівнянні з циклічною технологією, нижче на 14-16%. Розподіл енергоспоживання за основними технологічними процесами ЦПТ в середньому становить: транспортування гірничої маси – 75-80%, дроблення – 8-10%, екскавація – 16-18%. Проведені дослідження формування робочої зони великих залізрудних кар'єрів України та країн СНД (разом 19 кар'єрів) дозволили виявити закономірності погоризонтно-часового розподілу обсягів видобутку руди і виймання порід розкриву в цілому по кар'єру, а також власне для зон ЦПТ. Для зон застосування ЦПТ річні обсяги видобутку руди і породи складають 1,5-2,5 млн. т при висоті уступів 12-15 м, діапазон зміни робочої зони – від 60 м до 230 м і більше. Наприклад, аналіз даних просторово-часового зміни параметрів робочої зони Центрального кар'єра об'єднання «Карельський окатиш» свідчить, що зі збільшенням поточної глибини розробки до 350 м загальна висота робочої зони збільшується до 340 м,

середньозважене річне навантаження на горизонт по розкривних роботах знижується з 4,3 до 2,1 млн. т, а по видобувних роботах – з 3,6 до 0,8 млн. т на рік.

З позиції забезпечення оптимального формування рудних і породних вантажопотоків в системах ЦПТ в нижній зоні глибокого кар'єру слід мати на роботі більше одного дробарно-перевантажувального пункту, які в міру поглиблення кар'єра необхідно періодично переміщати, забезпечуючи збиральному автотранспорту оптимальні умови роботи. Формування технологічних вантажопотоків на кожен дробильно-перевантажувальний пункт (ДПП) слід здійснювати не більше, ніж з 5-7 горизонтів [25, 26].

В той же час умови формування робочої зони глибоких кар'єрів і просторово-часовий розподіл об'ємів скельної гірничої маси диктують необхідність застосування в системах ЦПТ спеціалізованих дробильно-перевантажувальних установок (ДПУ) блочно-модульного виконання продуктивністю 600-1350 м³/год, конструкція яких забезпечує їх періодичне переміщення в кар'єрному просторі в міру поглиблення кар'єра.

Подальше ж застосування ДПУ продуктивністю 2000 м³/год обмежується середньою зоною кар'єрів (до глибини 250-300 м), при середньорічних погоризонтних обсягах руди або породи не менше 3-4 млн. т.

Однак все ж таки найбільш повна реалізація ефективності нових систем ЦПТ з пересувними (мобільними) ДПУ досягається при використанні крутопохилого конвеєрного підйому, адаптованого до параметрів глибоких кар'єрів.

В даний час крутопохилі конвеєри (КПК) різних конструкцій використовуються більш ніж на 60 гірничодобувних підприємствах світу. У порівнянні з традиційними стрічковими конвеєрами, КПК

здатні переміщати сипучі матеріали під кутом до 50-60° і більше.

Під крутопохилими стрічковими конвеєрами (КПК, КЛК і т. П.) розуміють конвеєри, спеціально пристосовані для переміщення вантажів під кутами, що перевищують максимальні (критичні) кути, при яких насипний вантаж, що лежить на вантажному органі конвеєра, починає ковзати і не скочуватися під дією сили тяжіння.

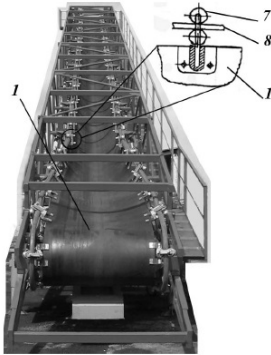
Тут слід зазначити, що до крутопохилих конвеєрів не належать установки, підйом вантажу якими здійснюється головним чином за допомогою вібраційного впливу на нього від несучого органу (вібротранспортери) або способом черпання (ковшові роторні або ланцюгові машини і т.д.). Вантажонесучим органом крутопохилого конвеєра в багатьох конструкціях є конвеєрна стрічка, часто зі спеціальними додатковими пристосуваннями, що в значній мірі ускладнює конструкцію, збільшує вартість конвеєра і знижує його надійність. В цілому основними перевагами стрічкових конвеєрів є: простота конструкції, надійність і порівняно малі експлуатаційні витрати, але при великих капітальних витратах. При цьому вихід з ладу особливо потужної конвеєрної установки, як правило, зупиняє весь технологічний ланцюг, тому надійність технологічної схеми, що включає конвеєри, в цілому, не настільки велика в порівнянні, наприклад, з транспортуванням вантажів автомобілями, навантажувачами та іншими видами транспорту. У багатьох конструкціях велика частина вузлів КПК уніфікована зі стандартними стрічковими конвеєрами, відомий світовий позитивний досвід їх експлуатації.

До теперішнього часу розроблені різні способи утримання вантажу на стрічці, яка часто виконує одночасно роль несучого і тягового органу. Умовно способи підвищення надійності конвеєрної установки можна розділити на дві групи: зміною конструкції стрічки

або удосконалення конструкції конвеєра в цілому. У багатьох КПК, що відносяться до першої групи, основним конструктивно складним елементом є стрічка, що часом значно її здорожчує, а також ускладнює її навішення і стикування, очищення від налиплого і намерзлого матеріалу і т. д. У більшості випадків конструктивні зміни стосуються саме її, але при зміні конструкції стрічки іноді вносяться, як наслідок, деякі зміни і в конструкцію конвеєра. При цьому в даний час в світі застосовуються наступні види крутопохилих стрічкових конвеєрів, деякі з яких наведено на рис. 3.1:

- з рифленою стрічкою;
- з відкритою підвісний стрічкою;
- з закривається підвісний стрічкою
- з рухомими ролікоопорами;
- з нерухомими ролікоопорами;
- з перегородками;
- елеваторного типу (з ковшами*);
- трубчасті;
- з притискною стрічкою.

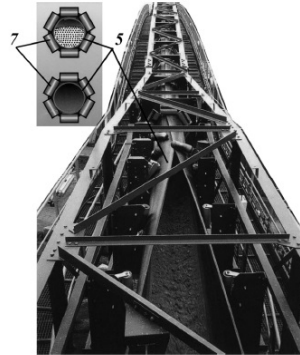
a



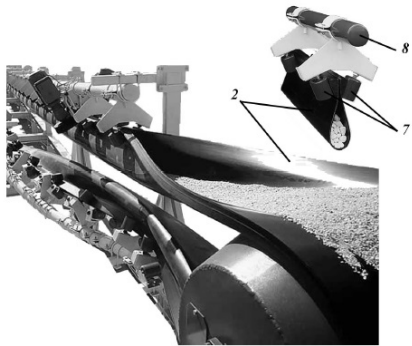
б



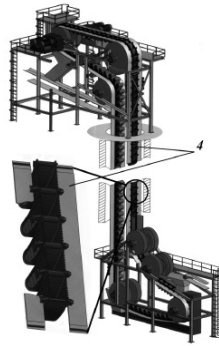
в



г



д



е

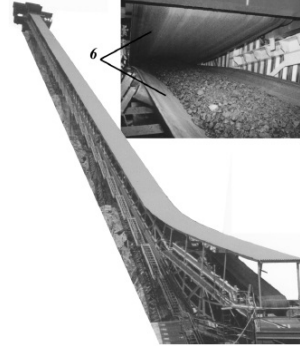


Рисунок 3.1. Деякі типи крутопохилих стрічкових конвеєрів: а – із відкритою стрічкою (1); б – із підвісною стрічкою, що закривається; в – із стрічкою (3), з гофрованими бортами і перегородками; г – з робочим органом елеваторного типу (4); д – з трубчатою стрічкою (5); е – з прижимною стрічкою (6); 7 – роліки, 8 – керуючі пристрої.

Крутопохилі конвеєри виробляються великою кількістю фірм, наприклад, з рифленою стрічкою - ContiTech Transportbandsysteme GmbH (Німеччина), Depreux (Франція) та ін.; з підвісною стрічкою - ТОВ «Конвеєр» і Компанія «Конвейергруп», Dunlop-Enerka (Голландія), ContiTech Transportbandsysteme GmbH; з перегородками - METSO Minerals (Фінляндія), ContiTech Transportbandsysteme GmbH, Fenner Dunlop b.v. (Голландія) та ін.; елеваторного типу - METSO Minerals; трубчасті - METSO Minerals, ContiTech Transportbandsysteme GmbH, Transporttechnik GmbH (Німеччина), ThyssenKrupp Robins, Inc. (США), СКІТ (ПАР), DOSCO Overseas Engineering Ltd. (Великобританія) та ін.; з притискною стрічкою - Dos Santos International (США), ЗАТ «НКМЗ» і ВАТ «Азовмаш» (Україна) [22].

Застосовуються крутопохилі конвеєри для підйому гірничої маси з кар'єрів, для транспортування по похилих виробках шахт, в поверхневому комплексі гірничих підприємств, на збагачувальних фабриках, великих перевантажувальних вузлах, в конструкціях перевантажувачів і прийомних стріл роторних екскаваторів і для інших цілей, відіграючи як основну, так і допоміжну роль. Своя область застосування є у кожній конструкції КПК [4, 5]. На рис. 3.2 наведено класифікацію крутопохилих стрічкових конвеєрів по висоті підйому. Можна вважати, що в даний час існують конвеєри для малих висот підйому - до 10 ... 15 м (стаціонарні та пересувні установки, поодинокі конструкції для допоміжних і другорядних робіт), середніх - до 30 ... 50 м (поверхневі комплекси гірничих підприємств, перевантажувальні вузли, наприклад, порти, залізничні станції і т. п.) і великих - до 500 м і більше (основні транспортні потоки глибоких шахт, кар'єрів). Великі крутопохилі конвеєрні установки для великих висот підйому є складними і відповідальними спорудами і можуть застосовуватися і застосовуються тільки в складі ЦПТ. При цьому

багато діючих рудних кар'єрів країн СНД і світу перспективні для ЦПТ, оскільки в результаті тривалої та інтенсивної розробки з пониженням гірничих робіт більш ніж на 200 м перейшли в категорію глибоких і в даний час забезпечують видобуток 90% мінеральної сировини.



Рисунок 3.2 – Класифікація крутопохилих конвеєрів

КПК для середніх висот підйому, які отримали найбільшого поширення, застосовуються головним чином на переробних виробництвах, будівельних об'єктах, ТЕЦ та інших великих і середніх підприємствах, де є основними транспортними установками, здатними переміщати значні маси вантажів. На підприємствах, де потрібна середня висота підйому при відносно великій довжині траси конвеєра і її криволінійність не тільки у вертикальній площині, а й у горизонтальній, доцільніше використовувати конструкції з підвісною

стрічкою як відкритого типу, так і з закритою стрічкою. Такі конвеєри компактні по ширині, мають найменші опору руху і допускають вигини траси в горизонтальній площині з малими радіусами (на відміну від трубчастих). Конвеєри з рифленою стрічкою застосовуються при незначному збільшенні кута транспортування вище критичного. КПК для малих висот підйому застосовуються як допоміжні на великих переробних підприємствах або експлуатуються як основні в складі стаціонарних і пересувних установок на невеликих виробництвах, а також можуть використовуватися на різного роду складах і перевантажувальних пунктах, наприклад, як штабелери в портах. Необхідно враховувати при цьому, що в багатьох конструкціях висота транспортування і кут нахилу обмежують продуктивність КПК. Області застосування також дозволяють розділити крутопохилі конвеєри по куту їх нахилу на конвеєри з великим кутом нахилу і середнім. Такий поділ не суперечить усталеній практиці і дозволяє дати класифікацію всіх стрічкових конвеєрів по максимальному куту їх нахилу наступним чином:

- з невеликим кутом нахилу (звичайні горизонтальні і слабо похилі конвеєри з гладкою стрічкою);
- з середнім кутом нахилу (конвеєри з рифленою і підвісною стрічками, трубчасті, а також глибокої жолобчастості);
- з великим кутом нахилу (конвеєри з притискною стрічкою, з перегородками, елеваторного типу).

Останні по суті і мають називатися крутопохилими. Конвеєри з підвісною стрічкою і трубчасті, хоча і віднесені до крутопохилих, але мають іншу область застосування, ніж конвеєри з притискною стрічкою, з перегородками і елеваторного типу. Це пов'язано головним чином із тим, що вони значно відрізняються кутами нахилу

і продуктивністю. Використовуються конвеєри із середніми кутами нахилу головним чином там, де потрібні траси зі складними ділянками в плані, в той час як конвеєри з великими кутами нахилу призначені для транспортування вантажів по найкоротших відстанях, коли є необхідність в підйомі вантажів на відносно велику висоту. З розробленої до теперішнього часу великої різноманітності конструктивних схем крутопохилих стрічкових конвеєрів найбільш перспективними для великих підприємств при середній і великій висоті підйому вантажу (продуктивність більше 5000 т/ч і кутах транспортування більш 30°) залишаються конвеєри з притискною стрічкою, здатні піднімати вантаж під найбільшими кутами (аж до 90°) і великою продуктивністю, що допускають різноманітні конфігурації траси у вертикальній площині і підтвердили свою працездатність в промислові умовах за кордоном. Основними проблемами при експлуатації КПК з притискною стрічкою є: необхідність в попередньому дробленні вантажів, як втім і для будь-яких інших стрічкових конвеєрів; точна вивірка перехідних ділянок при монтажі; узгодження приводів і синхронізація руху стрічок, легко регульовані в процесі роботи при дотриманні деяких первинних конструктивних умов. Невирішеним завданням на сьогодні є ненадійність притискних пристроїв, але в деяких установках від них вдається відмовитися взагалі. Стандартні стрічки такого конвеєра можуть служити значні терміни навіть при значних пошкодженнях (наприклад, при поздовжніх порізах), тому і витрати на них не такі великі. Уніфікація зі стандартними стрічковими конвеєрами досягає 80-85%, що значно спрощує обслуговування КПК з притискною стрічкою, скорочує капітальні та експлуатаційні витрати. Переваги та перспективи КПК з притискною стрічкою, незважаючи на відсутність до теперішнього часу їх серійного виробництва, продовжує викликати інтерес до цих

КПК на виробництві, особливо стосовно циклічно-потокowego транспортування гірничої маси (наприклад, на залізорудних ГЗК Криворізького басейну, на руднику Мурунтау Навоїйського ГМК, Узбекистан).

На руднику Мурунтау в даний час спільно з шнекозубчастою дробаркою працює крутопохилий міжступний перевантажувач, виготовлений в ВАТ «Азовмаш» (рис. 3.3).

При його експлуатації виявлено ряд недоліків, в т. ч. таких:

1. притискні пристрої мають застарілу конструкцію і практично не впливають на утримання вантажу на крутопохилій частині. Однак їх працездатність в повній мірі поки не може бути перевірена у зв'язку з завантаженістю конвеєра наполовину продуктивності (для утримання вантажу досить натягу і маси притискної стрічки).



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд крутопохилого перевантажувача КНК-30 на кар'єрі Мурунтау Навоїйського ГЗК, Узбекистан

2. невірно розрахована стійкість стріли перевантажувача в

поєднанні із зусиллями натягу стрічок, в результаті чого він був закріплений у верхній частині і втратив можливість пересування.

Більшість недоліків могли б бути усунені ще на стадії проектування, якби були використані дослідження вітчизняних фахівців, проведені ще в 90-х роках минулого століття, а також сучасні дослідження [29-31]. В даний час на руднику Мурунтау експлуатується стаціонарний конвеєр з притискною стрічкою, виготовлений ЗАТ «НКМЗ», що не має аналогів в світі по висоті підйому одним ставом (270 м) при продуктивності 3500 т/ч. Крім того, цей конвеєр має горизонтальну частину довжиною близько 400 м на верхній розвантажувальній ділянці, що значно ускладнює конструкцію конвеєра і правильний вибір його параметрів.

Можна зробити висновок, що конвеєри з перегородками і гофрованими бортами можуть застосовуватися для невеликих установок на малі і середні висоти підйому сухих вантажів з малою кускуватістю, для яких не потрібно додатково очищати стрічки. При цьому бажані: невелика продуктивність і (або) кути нахилу до 45-60°, відносно мала довжина транспортування. Найбільш перспективним є виготовлення стрічок для таких конвеєрів з використанням технології фірми REMA Tip Top GmbH (Німеччина) безпосередньо на місці експлуатації, де борта і перегородки можуть бути приклеєні з достатньою надійністю до гладкої стрічки, що значно знижує витрати на стрічки і забезпечує їх кращу ремонтпридатність. При цьому необхідно враховувати, що стрічки спеціальних конструкцій для цих конвеєрів в Україні та інших країнах СНД не виробляються.

Конвеєри елеваторного типу, що отримали назву rocketlift, мають дві замкнуті стрічки, з'єднані між собою планками, на які навішуються спеціальні ковші (кишені). Останні можуть навішуватися в процесі складання конвеєра, а ось сам робочий орган цілком

повинен бути виготовлений в заводських умовах і мати замкнутий контур головним чином через наявність відповідальних стиків стрічок, що знижують максимально можливе тягове зусилля конвеєра. Поперечні планки, які з'єднують стрічки між собою, кріпляться до них болтами і в процесі роботи можуть вириватися з стрічок, пошкоджувати їх. Доставка до місця експлуатації робочого органу установок для великих висот підйому веде до серйозних витрат на його транспортування через великі маси і габаритів. Так, за даними фірми METSO Minerals маса робочого органу для конвеєра на висоту підйому 276 м, включаючи спеціальний контейнер (19 т), становить 82 т [8]. Велика маса робочого органу (100 т з ковшами) і великі махові маси приводних барабанів (діаметром 3м) викликають також суттєві динамічні навантаження при запуску і зупинці конвеєра. Навішування робочого органу пов'язана з трудовими і тимчасовими витратами, а також вимагає наявності деякого допоміжного обладнання. Також необхідно жорстко контролювати синхронність руху стрічок, щоб тягова здатність приводу була в допустимих межах і не було перекосу робочого органу. Продуктивність і висота підйому конвеєрів елеваторного типу обмежені в зв'язку з конструктивними особливостями робочого органу: необхідно знижувати швидкість його руху для забезпечення максимального завантаження ковшів, а також у зв'язку з гранично можливими напруженнями в стрічках шириною до 800 мм і обмеженою тяговою здатністю приводу. Збільшення площі контакту стрічок з барабанами приводу досягається за рахунок збільшення їх діаметра. У місці завантаження конвеєра також потрібно допоміжне обладнання, призначене, в основному, для підбору просипу (конвеєри) і для очищення ковшів. Ремонт, а також коригування параметрів конвеєра в процесі його роботи особливо з новими стрічками, вкрай ускладнені, а також

вимагати відправку всього робочого органу назад на завод, що зупиняє весь технологічний ланцюжок. Фірма-виробник такого конвеєра рекламує одне з основних його переваг, яке дозволяє в порівнянні з шахтним скіповим підйомом зменшити діаметр видачного (транспортного) стовбура, але необхідність влаштування в приствольному дворі відділення для попереднього дроблення і просіювання, а також для розміщення допоміжного обладнання може значно зменшити економію від витрат на проходку стовбура більшого діаметра.

Необхідно відзначити, що конструкція робочого органу спочатку також накладає обмеження на область застосування таких конвеєрів. Це головним чином пов'язано з очищенням ковшів від налиплого і намерзлого вантажу, ще більш складною, ніж, наприклад, у конвеєрів з перегородками. Основною проблемою, яка виникає при експлуатації трубчастих конвеєрів, є складність настройки правильної роботи стрічки, особливо якщо траса конвеєра має хоча б кілька ділянок вигину. Пов'язано це з конструктивною особливістю освіти вантажної гілки трубчастої стрічки і з необхідністю забезпечення нахлеста її країв, наявного виключно вгорі, щоб уникнути її розкриття, «здуття», «трамбування» і т.п., які призводять до просипання вантажу, пошкодження стрічки і ролікоопор та інших наслідків. Відхилення нахлеста країв стрічки від верхнього положення і її обертання відносної поздовжньої осі виникає при змінних напругах, які є наслідком нерівномірності обсягів вантажопотоку, різної крупності шматків вантажу, наявністю ділянок горизонтальних, вертикальних і комбінованих вигинів, а також інших різного роду опорів. Також на правильну роботу трубчастого конвеєра впливають параметри стрічки, спеціально виготовляється для конкретних умов експлуатації, зміна характеристик стрічки після

певного терміну роботи. При роботі конвеєра його стрічка з вантажем в проміжках між роликоопорами утворює овальний поперечний переріз, що відрізняється від круглого. У роликоопорах під дією тягових зусиль поперечний переріз завантаженої стрічки має набувати форму багатокутника з округленими вершинами, що задається конструкцією роликоопор. При цьому стрічка на роликоопорах деформує вантаж, щоб утворити необхідну форму і розміри поперечного перерізу, і пошкоджується. На зміну поперечного перерізу завантаженої стрічки, зрушення всередині нього окремих шматків вантажу і, можливо, його подрібнення повинні витратитися значні тягові зусилля, а енергоємність транспортування повинна збільшуватися в порівнянні зі стандартними стрічковими конвеєрами. Основні розробки по трубчастим конвеєрам ведуться за кордоном з 1978 року, коли був запатентований перший з них, завдяки чому були досягнуті очевидні успіхи практично в усьому світі. У країнах СНД дослідження цих конвеєрів знаходяться на початковому етапі і в останній час було проведено деякі теоретичні і експериментальні роботи [30]. На жаль, вони не дають реальної оцінки втрат тягового зусилля на протягування стрічки з вантажем через роликоопори при експлуатації трубчастих конвеєрів. Конвеєри з підвісною стрічкою при загальній схожості мають і деякі відмінності. Так, конвеєри з підвісною стрічкою відкритого типу мають значно ширшу уніфікацію у порівнянні зі звичайним конвеєром, ніж конструкція із стрічкою, що закривається. Крім того, роликоопори конвеєрів відкритого типу переміщуються по спеціальним гладким трубчастим напрямних разом зі стрічкою, забезпечуючи відсутність впливу поперечних коливань за рахунок самоустановки роликів. При цьому опір їх переміщенню при правильно і з достатньою точністю виставленими напрямними по трасі конвеєра має бути менше, ніж у

стандартного конвеєра, і наближатися до опор при русі рейкового транспорту. Це пов'язано з відсутністю деформації вантажу і стрічки на роликоопорах, а також вдавнення роликів в стрічку [28-30]. Відмінними перевагами конвеєрів з підвісною стрічкою є невеликі (до 1 м) радіуси вигину в горизонтальній площині, значне зменшення просипу вантажу. Деякі конструкції таких конвеєрів дозволяють мати проміжні привідні пристрої, що збільшує довжину транспортування і перерозподіляє тягові зусилля по трасі конвеєра.

Загальними недоліками при об'єктивних перевагах є обмеження, пов'язані з погонною масою завантаженої стрічки: за швидкістю руху і продуктивністю, а також низька надійність місць підвісу стрічки. Основна проблема конструкції зі стрічкою, що закривається, полягає в неможливості транспортування вологих вантажів, оскільки вода накопичується в робочому органі перед місцем розвантаження. Сам робочий орган - в більшості конструкцій спеціальна стрічка - коштовний і трудомісткий у виготовленні, а також не завжди досить надійний при експлуатації.

Один з основних параметрів, що характеризує пристосованість конвеєра до умов розробки глибоких кар'єрів, - максимально допустима за технічними можливостями висота підйому матеріалу, що транспортується одним ставом. Гранична висота підйому гірничої маси з використанням КПСК з притискними елементами у вигляді гофр значною мірою визначається його продуктивністю, швидкістю руху стрічки і міцністю випускаються промисловістю конвеєрних стрічок і становить 130-500 м. Зі збільшенням кута нахилу конвеєра від 30 до 90 ° гранична розрахункова висота підйому збільшується на 7,5%, при зменшенні довжини транспортування в 1,8 рази. У порівнянні зі звичайними стрічковими конвеєрами з кутом нахилу 16°, металоємність досліджуваного крутопохилого конвеєра з кутом

нахилу 42-45° при однаковій висоті підйому гірничої маси в ідентичних умовах експлуатації знижується на 30-40%.

У перспективі цей тип конвеєрів може отримати широке застосування при подовженні конвеєрних ліній діючих і будівництві нових комплексів ЦПТ на залізородних кар'єрах. Одним з перших об'єктів, де можливе впровадження КПСК є АТ «Карельський окатиш». Спільно з фахівцями комбінату виконано ТЕО застосування КПСК в складі комплексів ЦПТ з напівстаціонарних ДПУ в Центральному кар'єрі, з обґрунтуванням основних параметрів, місця розміщення і етапів введення ЦПТ з КПСК [8]. З урахуванням перспектив розвитку гірничих робіт і транспортної системи кар'єра і на основі результатів поваріантного порівняння до подальшої реалізації виділено два етапи розміщення комплексів ЦПТ з КПСК: на тимчасово-неробочому ділянці борту в північному торці кар'єра з внутрішньокар'єрним перевантаженням в залізничні транспорт (етап 1) і тривалістю роботи на одному місці 10-12 років; розміщення в більш пізні терміни на постійному ділянці південного борту кар'єру з подальшим поетапним подовженням конвеєрів у міру зниження гірничих робіт і експлуатацією комплексу до кінця відпрацювання запасів в кар'єрі.

Відповідно до розроблених пропозиціями в складі пускового комплексу ЦПТ з КПСК продуктивністю до 12 млн т руди на гор.-20 м передбачалася ДПУ-1000 (виробник АТ «Уралмаш») продуктивністю до 2500 т/год, обладнана конусної дробаркою ККД-1350/150. Можливе пряме завантаження думпкарів, а при відсутності потягів - руда складається в штабель з подальшим відвантаженням руди зі складу екскаватором ЕКГ-8 (ЕКГ-12,5). На момент введення комплексу ЦПТ в експлуатацію середньозважена відстань транспортування складальним автотранспортом на ділянці "забій - ДПУ" не перевищить 1,3 км, що в 2 рази менше ніж в базовому

варіанті (автомобільно-залізничний транспорт) (рис. 3.4).

В цілому результати техніко-економічних розрахунків показали високу ефективність застосування внутрішньокар'єрних комплексів ЦПТ з КПСК і напівстаціонарних ДПУ в умовах кар'єру АТ «Карельський окатиш». Так, впровадження головного комплексу (етап 1) дозволить скоротити обсяг поточної розкриву на 5 млн м³, а при розміщенні ЦПТ з КПК на постійному південному борту обсяг розкриву в кінцевих контурах скорочується на 17,6-18,0 млн.м³ в порівнянні з існуючою технологічною схемою розробки з використанням автомобільно-залізничного транспорту.

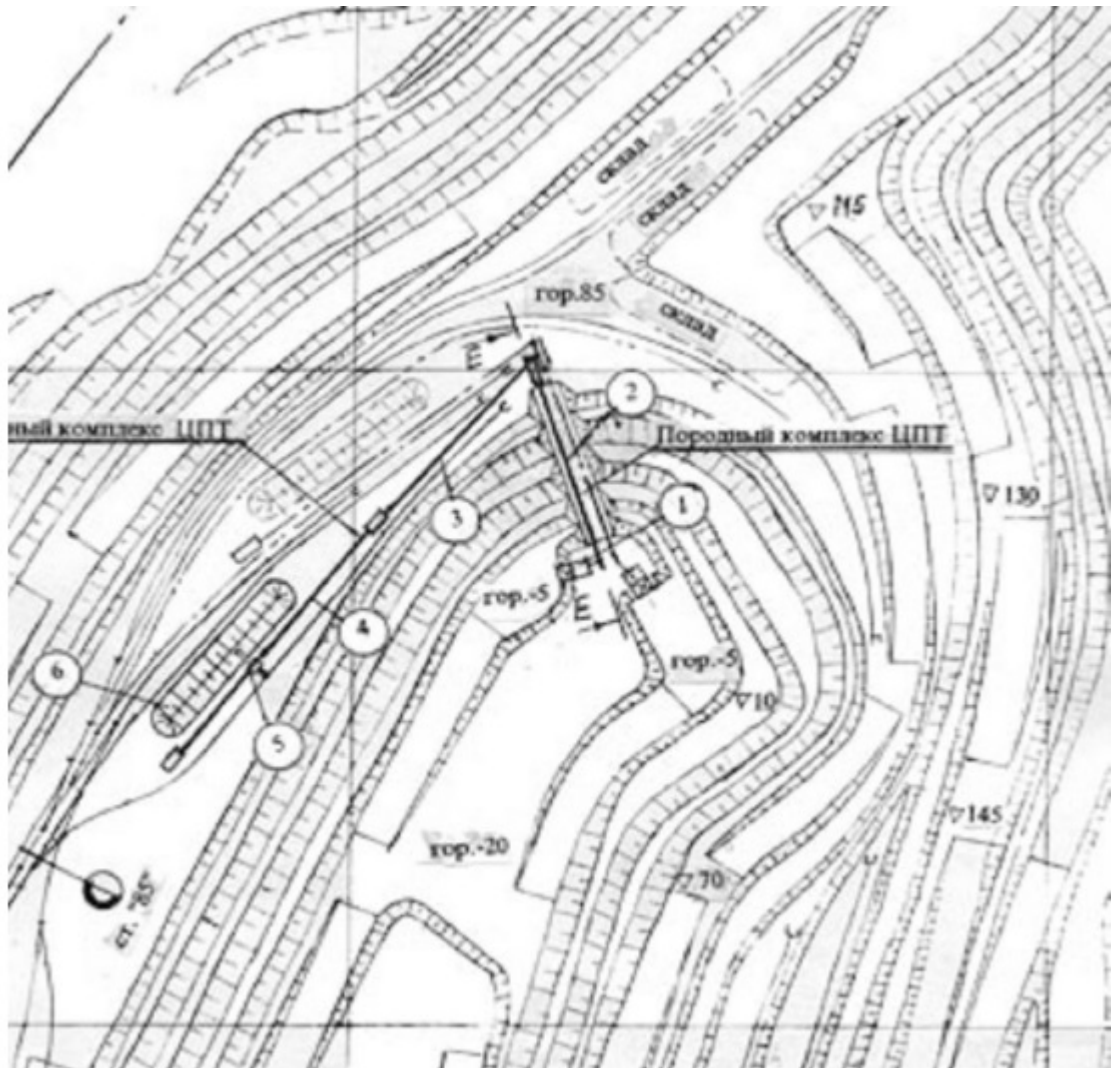


Рисунок 3.4. Розміщення рудного комплексу ЦПТ з крутопохилим конвеєром на тимчасово неробочому борті Центрального кар'єра АТ «Карельський окатиш»

Витрата дизпалива скорочується в 1,8-2,5 рази, металоемність КПСК в порівнянні із застосуванням конвеєрів з кутом нахилу до 16° нижче на 12-18%. Згідно зі спільною комерційною пропозицією (АТ «Уралмаш», АТ «Южуралмаш», АТ «Тяжмаш») підготовку траси, поставку обладнання, його монтаж, наладку і введення в експлуатацію пускового дробильно-конвеєрного комплексу з напівстаціонарної ДПУ і КПСК в умовах центрального кар'єра АТ «Карельський окатиш» можливо здійснити за 2-2,5 роки.

На кар'єрах все більш широке застосування знаходять двоконтурні стрічкові конвеєри з притискною стрічкою. У порівнянні з традиційними конвеєрами крутопохилі дозволяють переміщати гірську масу під кутом $50-60^{\circ}$ і більше, що скорочує до мінімуму обсяги гірничо-капітальних робіт при підготовці траси на борту кар'єра. Виконаний ними техніко-економічний аналіз показав високу ефективність застосування комплексів ЦПТ з напівстаціонарних ДПУ і крутопохилих конвеєрних підйомників типу «сендвіч» на Костомукшському кар'єрі.

Іншим позитивним і досить характерним прикладом практичного застосування даної конструкції конвеєра є міднорудний кар'єр "Майданпек" (Югославія), де в 1992 році введено в промислову експлуатацію дробильно-конвеєрний комплекс з КПСК типу "сендвіч", що характеризується наступними параметрами: продуктивність - 4000 т/ч, кут нахилу - $35,5^{\circ}$, ширина стрічок - 2000 мм, швидкість руху стрічок - 2,67 м/с, висота підйому одним ставом - 93.5 м, потужність приводу вантажної стрічки - 2x450 кВт, а притискної стрічки - 450 кВт, розмір транспортуються шматків - до 250 м . КПСК розроблений і

виготовлений фірмою "Continental Conveyor and Equipment" (США), що досягла найбільших успіхів у створенні крутопохилих конвеєрів типу "сендвіч". Проектом заплановано встановити на кар'єрі "Майданпек" другий аналогічний КПСК послідовно першому, з введенням на глибші горизонти.

На кар'єрі фірми "Triton" (США) знаходяться в експлуатації КПСК типу "сендвіч" з наступними параметрами: ширина стрічок - 1500-2000 мм, швидкість руху стрічок – 2,5-4,7 м/с, кут нахилу - до 60° , потужність приводу вантажної стрічки - до 900 кВт, а притискної - до 120 кВт, висота підйому - 100 м, продуктивність - 1900-4000 т/год [31-32].

Інші дослідники вважають, що найбільш доцільним в конструктивному відношенні буде крутопохилий конвеєр стрічково-ланцюгового типу з перегородками без днищ. При цьому конвеєрна стрічка є тільки вантажною, що рухається за рахунок сил тертя з матеріалом і перегородками, які приводяться в рух тягоприводним ланцюговим контуром.

Основними недоліками даної конструкції крутопохилих конвеєрів є:

1. Порівняно невисока швидкість руху вантажного полотна, обумовлена вимогами стійкої роботи ланцюгового тягового контуру. З цієї причини, для забезпечення необхідної продуктивності потрібно істотно підвищити погонне навантаження на конвеєрі в порівнянні з двоконтурними стрічковими конвеєрами типу «сендвіч». В результаті, при рівних міцностних параметрах тягових елементів практично пропорційне зменшення висоти підйому матеріалу конвеєром з полотном стрічково-ланцюгового типу.

2. Реалізація принципу переміщення вантажної стрічки за рахунок сил тертя з матеріалом, що транспортуються, і

перегородками неминуче призведе до підвищеного абразивного зносу робочої обкладки вантажної стрічки і істотно знизить термін її служби.

3. При завантаженні конвеєра крупнодробленною скельною гірською масою перегородки будуть відчувати великі динамічні навантаження, що в певній мірі відіб'ється на їх довговічності.

4. Конструктивне забезпечення вимог підвищення надійності і збільшення ресурсу роботи стрічково-ланцюгового конвеєра призведе до значного збільшення його вартості.

Підсумувати широку область і географію застосування крутопохилих конвеєрів для транспортування гірничої маси можна підсумковою таблицею 3.1.

Таблиця 3.1. Основні приклади застосування крутопохилих конвеєрів у світі

Кар'єр, компанія, місцезнаходження, рік застосування	Матеріал, насипна щільність, т/м ³	Продукт-сть, т/год	Кут, град	Висота підйому, м	Довжина, м	Ширина стрічки, мм	Швидкість стрічки, м/с
Tritin Coal Co, шт Вайомінг, США	Вугілля	2540	60	32,9	56,7	1524	5,33
Majdanpek, Югославія	Мідна руда, 2,08	4000	35,5	93,5	173,7	2000	2,67
Valley Camp of Utah, шт. Юта, США	Вугілля після збагачення	1089	65	30,7	44,2	1372	3,56
Montague Sys, шт. Вайомінг, США, 1993	Кам'яне вугілля, 0,88	1950	57	59,4	90,8	1829	3,66
Commonwealth Edison, шт. Іллінойс, США	Вугілля	635	45	38,1	69	1219	3,05
Island Creek, США, 1992	Відходи збагачення вугілля, 1,28	454	41	174,8	454,2	914	2,3
Cementos Veracruz, Мексика, 1992	Гарячий клінкер на заводі, 1,36	715	35	41,3	198,9	1219	1,7
Colver Power Plant,	Кам'яне вугілля,	260	60	48,5	75	762	2,3

США, 1994	1,12						
QualiTech steel, США, 1998	Залізна руда на сталеливарному заводі, 2,2	180	68	67,6	91	914	1,2
Terra Nova Technologies, Мексика, 2000	Мідна руда при укладці в штабель для вилуговування, 2,8	2500	35	30	79	1524	2,66
Мурунтау, Узбекистан, 2007	Золотовмісна руда, 1,75	2500	40	30	75	2000	3,15
Мурунтау, Узбекистан, 2011	Золотовмісна руда, 1,75	3500	37	270	960	2000	3,15

4 АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПІДЙОМУ

Вертикальна конвеєрна система транспортування сипучих матеріалів ROCKETLIFT®, що забезпечує підйом і спуск матеріалів на висоту до 500 м, заснована на використанні основних елементів технологій виготовлення системи стрічок FLEXOWELL® (понад 60 тис. установок по всьому світу) і високопродуктивних ковшових елеваторів. Основною метою створення системи ROCKETLIFT® було забезпечення високопродуктивної вертикального транспортування об'ємних масових потоків матеріалу з горизонтальною вантажної станції на максимально можливі висоти при мінімальних витратах на матеріали і енергію, а також відсутність негативного впливу на навколишнє середовище.

Досягнення цієї мети обмежувалося тільки межею міцності метало-тросових стрічок, необхідністю забезпечення безпеки стику стрічки і потрібним обсягом матеріалу. Економічні, які не мають шкідливого впливу на навколишнє середовище, що вимагають невеликого обсягу технічного обслуговування, зі значно зниженим енергоспоживанням, високою продуктивністю і довгим терміном служби - всі ці якості системи ROCKETLIFT® доводять її перевага при роботі з сипучими матеріалами в областях міжнародного тунелебудування і підземного видобутку корисних копалин.

Система ROCKETLIFT® забезпечує висоту підйому і продуктивність, які на сьогодні недосяжні при використанні будь-яких інших систем безперервного транспортування.

Широка область застосування цієї системи, зокрема, при розробці родовищ корисних копалин, підтвердила концепцію переваги безперервної вертикальної транспортування в порівнянні з періодичної (циклічної).

Переваги конструкції системи ROCKETLIFT® ґрунтуються на високому межі міцності і невеликій масі складових її елементів, що працюють на розтяг, і поєднанні різних варіантів з'єднання з випробуваними ковшами системи ROCKETLIFT® з цільної гуми. Глибокі дослідження щодо подальшого розвитку системи ROCKETLIFT® дозволили елементи, що працюють на розтяг, виконувати з канатів на базі волокон арамід (замість металотросових стрічок, межа міцності яких навряд чи можна ще збільшити), які при порівнянних межах міцності важать приблизно на 80% менше сталевих. Ставлення натяг / розтягнення для цих канатів, які не схильні до розтягування, є лінійним, і розтягнення в точці розриву порівняно з металевими тросами [32].

Після 6 млн. випробувань на вигин і випробувань системи під навантаженням, що відтворює нормальні робочі умови, були отримані основні конструктивні характеристики для канатних затискних кріплень ковшів, а також для від'єднується постійних з'єднань.

Елементи оберігають безударне шарнірне з'єднання навколо канатних барабанів, а від'єднуються постійні з'єднання забезпечують регулювання в разі відмінностей в довжині поставляються арамідові канатів, які формують елементи, що працюють на розтяг [16].

Необхідно відзначити, що постійні з'єднання ара-МЗС канатів є від'єднувати і, отже, дають переваги при монтажі і більш зручне транспортування відрізків канатів.

Наступним кроком у розвитку є система ROCKETROPE®, яка в

основі своїй представляє канатний конвеєр, що приводиться в дію фрикційним приводом відповідно до принципу джекет-приводу. З безлічі можливих схем використання системи POCKETROPE® S-подібна конфігурація є найбільш придатною для транспортування поза приміщеннями на найбільші висоти (рис. 4.1, 4.2).

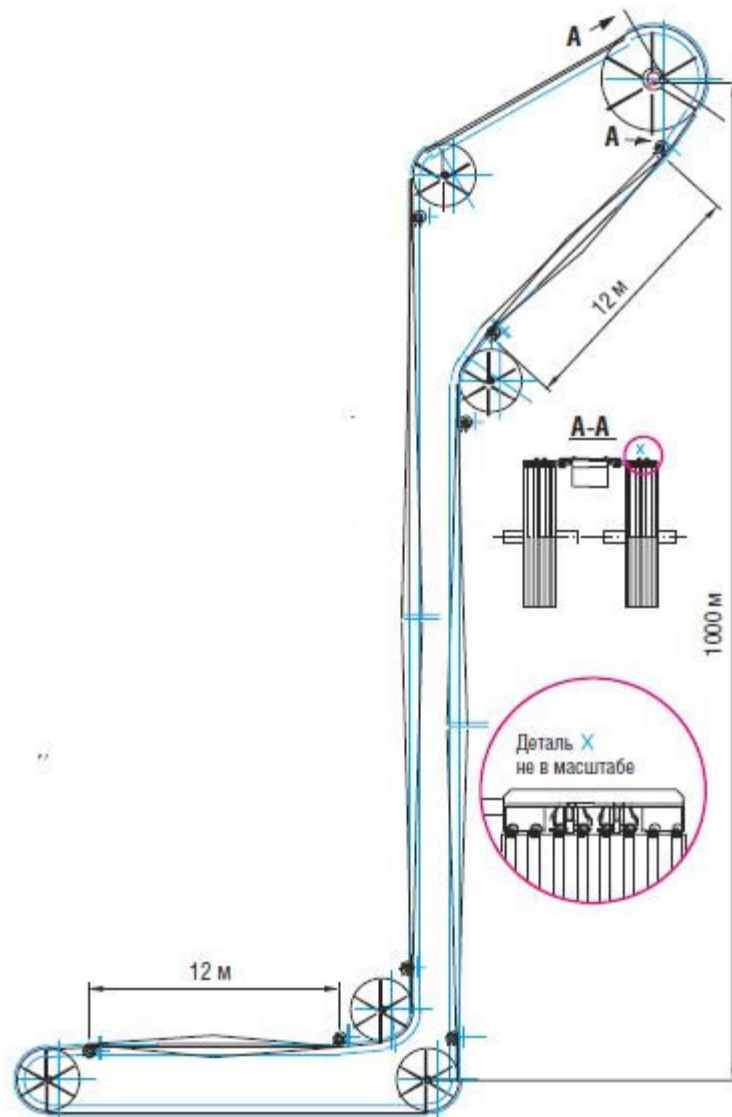


Рисунок 4.1. Конструкція системи POCKETROPE®

Система POCKETROPE® є новою розробкою компанії Metso Minerals. В даний момент знаходиться в стадії детального доопрацювання. Канатний привід системи POCKETROPE® схожий на використовуваний в системі POCKETLIFT® з двома окремо приводяться дисками, відповідні окружні швидкості яких

синхронізовані в допустимих межах, так що зрушення паралелограмного типу стренг і транспортера утримується в керованих межах.



Рис. 2 Поворот канатной стренги на 180°

Рисунок 4.2. Поворот канатної стренги на 180°

Швидкості транспортування обмежені способами належного

завантаження і необхідністю задовільного розвантаження ковшів транспортера.

Практичний досвід роботи з системою POCKETLIFT® показує, що максимальна швидкість стрічки транспортера становить 4 м/с. Такий діапазон швидкостей застосовний також і до системи POCKETROPE®, так як ковші мають схожу форму і конструкцію.

Спеціальні шарнірні з'єднання між поперечиною і стренгами каната допускають їх поворот на 180° при збереженні орієнтації ковшів як на вантажній гілці, так і на холостий. Отже, контакт між канатами і жолобами канатних барабанів залишається таким же як при увігнутому, так і при вигнутому прогині.

При узгоджених параметрах вантажопотоку і висоти підйому на сьогоднішній день система POCKETROPE® поставляється в виконаннях, які відповідають чотирьом класам міцності. Останні розрізняються за кількістю арамідових стренг в канатах на обох сторонах.

Діючі обмеження по грузопотоку в залежності від висоти підйому представлені на рис 4.3, причому вимоги техніки безпеки були враховані коефіцієнтом безпеки рівним 10.

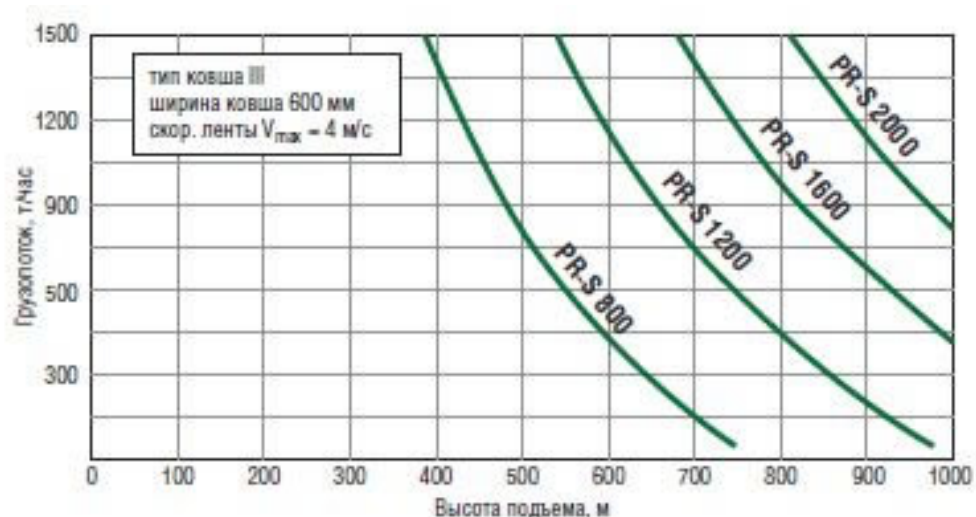


Рисунок 2.3. Взаємозалежність висоти і продуктивності транспортування

Представлена нижче інформація отримана на кар'єрах і шахтах в Південній Африці, Намібії і США. Циклічна (порційна) транспортування з використанням скіпового підйому і подальшим вивезенням матеріалу великовантажними самоскидами порівнювалася з безперервною конвеєрної транспортування системами ROCKETLIFT® Тип II і ROCKETROPE® Тип III.

Підсумувати світовий досвід експлуатації систем вертикального підйому можна у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Основні приклади застосування систем вертикального підйому у світі

Кар'єр, компанія, місцезнаходження, рік застосування	Матеріал, насипна щільність, т/м ³	Продукт-сть, т/год	Кут, град	Висота підйому, м	Довжина, м	Ширина стрічки, мм	Швидкість стрічки, м/с
Bethenergy, шт. Зах Вірджинія, США, 1991	Кам'яне вугілля після збагачення, 0,8	726	90	76,2	90,2	1372	2,79
Turris Coal Co, шт. Іллінойс, США, 1993	Кам'яне вугілля, 0,88	1361	90	102	113	1524	4,57
Perini, шт. Масачусетс, США, 1993	Піщані породи, 1,1-1,3	1266	90	70,1	83,8	1372	3,56

5 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ КРУТИХ КОНВЕЄРІВ

Таким чином, кожна конструкція крутопохилих конвеєрів має свою область застосування. Наприклад, використання конвеєрів з закритою підвісною стрічкою, з притисочною стрічкою і трубчастого типу, дозволяє поліпшити, з одного боку, екологічне становище на підприємствах, а, з іншого, при переміщенні відповідальних вантажів значно скоротити їх втрати, зберегти їх якість і зменшити вплив на них навколишнього середовища. Незначне поширення КПК в порівнянні зі звичайними конвеєрами пов'язано головним чином з невідпрацьованістю деяких конструкцій і часто значними капітальними і експлуатаційними витратами. Проведений аналіз широкого спектра вітчизняних і зарубіжних конструкцій крутопохилих конвеєрів, а також у багатьох випадках успішних результатів їх експлуатації в різних галузях промисловості, свідчать про підвищення уваги до них з боку як фірм-виробників, так і підприємств-споживачів цього виду транспорту.

Разом з тим, слід зазначити обмеженість областей застосування окремих типів крутопохилих конвеєрів, враховуючи їх можливості, параметри і економічну ефективність. У закордонній практиці крутопохилі конвеєри застосовуються як в гірничій, так і в інших галузях промисловості значно ширше, ніж в Україні. Розширення їх застосування в нашій країні дозволить забезпечити зменшення займаних підприємствами площ і підвищити ефективність різних виробництв, в т. ч. і за рахунок скорочення енерговитрат на транспортування вантажів.

Дослідженнями Гірничого бюро США встановлено [32], що для гірничодобувних підприємств найкращим видом крутопохилого підйому гірничої маси (в порівнянні зі скіповими підйомниками, ланцюговими і ковшовими елеваторами, шнековими конвеєрами і іншими установками) є двоконтурні стрічкові конвеєри типу «сендвіч» з примусовим притисканням верхньої гілки стрічки спеціальними механічними пристроями. Аналогічну думку, засновану на досить глибокому аналізі переваг і недоліків двоконтурних конвеєрів зі стаціонарно встановлених притискними елементами, висловлює низка вітчизняних фахівців.

Додатково слід зазначити, що аналіз досвіду експлуатації пластинчастих і скребкових конвеєрів, ковшових елеваторів свідчить про низьку надійність роботи і недовговічність ланцюгових тягових органів, які не відповідають технічним вимогам що ставляться до обладнання кар'єрного конвеєрного транспорту.

Можна зробити висновок, що крутопохилі конвеєри з комбінованим полотном стрічково-ланцюгового типу з перегородками мають вкрай обмежену перспективу застосування на кар'єрах і особливо при використанні в комплексах циклічно-потоквої технології (ЦПТ) на глибоких кар'єрах. Це підтверджується, зокрема, результатами техніко-економічної оцінки ефективності застосування альтернативних варіантів крутопохилого конвеєрного підйому скельної гірничої маси в умовах залізорудних кар'єрів: пластинчастий конвеєр з поперечними перегородками за своїми основними техніко-економічними показниками значно поступається всім іншим розглянутим типам конвеєрних підйомників. Кращими техніко-економічними показниками володіє крутопохилий двоконтурний конвеєр з рухомими притискними елементами у вигляді гофр, основними перевагами якого є:

1. Надійне утримання матеріалу, що транспортується від

скоочування по жолобу стрічки в хвостову частину конвеєра, що досягається за рахунок використання спільного ефекту глибокої жолобчастих і притиснення.

2. Зниження динамічних навантажень на лінійному ставі при проходженні крупнодробленого матеріалу через роликоопори, так як притискні елементи (у вигляді гофр) рухаються разом з вантажем і мають гарну демпфуючу здатність. Внаслідок цього суттєво (на 30-40%) зменшується абразивний знос вантажної і притискної стрічок.

3. При рівній ширині стрічки забезпечується більш висока продуктивність конвеєра внаслідок збільшення використання перетину вантажної стрічки за рахунок її жолобчастості. Встановлено, що у зв'язку з нерівномірним завантаженням стрічки по довжині конвеєра притискні елементи повинні мати пружно-еластичні властивості.

Результати конструкторських проробок показали, що трубчастий КПСК за основними параметрами значно поступається КПСК з притискною стрічкою: по максимальній висоті підйому в 2-3 рази (гранична висота підйому - 80-85 м); по продуктивності в 1,8-3,2 рази (максимально можлива продуктивність – 6,5-7,0 млн т/рік. Крім того, конструкція трубчастого конвеєра передбачає використання спеціальних тросів з підвищеною стійкістю на стирання, а обмеження по мінімально допустимим величинам радіусів перехідних вертикальних кривих по трасі конвеєра вимагають влаштування в кар'єрі горизонтальних майданчиків для розміщення вузлів завантаження конвеєра шириною до 75-80 м. з урахуванням сукупності зазначених факторів, а також ряду складних конструктивних рішень за окремими складовими частинами конвеєра, виключається можливість ефективного застосування трубчастих КПСК в глибоких кар'єрах.

Результати проведеного аналізу можуть бути візуалізовані на рис. 5.1.

Наглядно видно, що найкращі технічні показники демонструє конвеєр з притискною стрічкою: висота підйому до 350 м при куті нахилу до 90°. Крім того, вертикальний підйом можливий також для конвеєрів елеваторного типу та з перегородками, однак вони поступаються висотою підйому. Також досвід засвідчує низьку надійність їх роботи.

Щодо систем вертикального підйому, заслуговує уваги система ROCKETLIFT. Виробник заявляє, що дана система має понад 60 тис. установок по всьому світу. Однак викликає сумнів сфера їх діяльності. Дане число включає установки в аграрній сфері і транспортуванні інших вантажів.

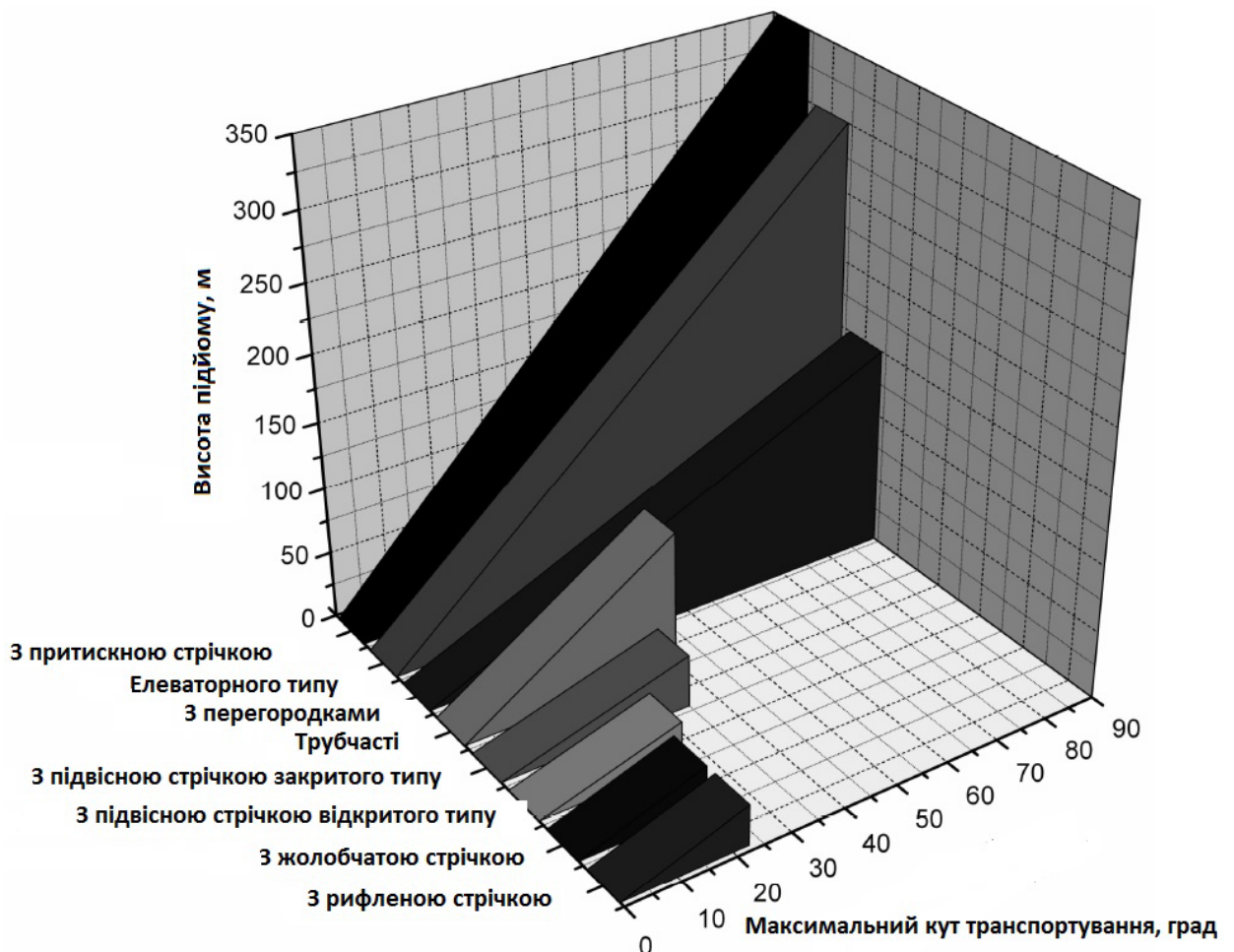


Рисунок 5.1. Порівняльна діаграма показників різних типів крутопохилих конвеєрів

Однак гірничо-видобувна промисловість має жорсткі вимоги щодо транспорту, оскільки вантажі мають велику питому вагу, різноманітний гранулометричний склад і високу абразивність. Тому область застосування систем вертикального підйому на даний момент обмежуються переважно розкритими породами.

Враховуючи існуючий досвід науково-дослідні і передпроектні розробки, для умов залізородних кар'єрів Кривбасу рекомендується застосовувати крутопохилі конвеєри із притискною стрічкою типу «сендвіч». Відсутність результатів впровадження може бути пояснено небажанням інвесторів вкладати кошти на довгий строк окупності в умовах економічної невизначеності.

Однак застосування такої техніки і технологій сприятиме покращенню техніко-економічних показників роботи підприємства і покращенню технологічних умов гірничих робіт.

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано світовий досвід експлуатації крутопохилих конвеєрів і систем вертикального підйому, їх значення для подальшого розвитку циклічно-поточної технології і покращення умов експлуатації родовищ корисних копалин.

Виконано аналіз теоретичних основ експлуатації транспортних систем з конвеєрним транспортом. Проаналізовано досвід експлуатації крутопохилих конвеєрів: ContiTech Transportbandsysteme GmbH (Німеччина), Depreux (Франція), Dunlop-Enerka (Голландія), METSO Minerals (Фінляндія), Fenner Dunlop b.v. (Голландія), Transporttechnik GmbH (Німеччина), ThyssenKrupp Robins, Inc. (США), СКІТ (ПАР), DOSCO Overseas Engineering Ltd. (Великобританія), Dos Santos International (США), ЗАТ «НКМЗ» і ВАТ «Азовмаш» (Україна). В ході аналізу наведено найбільш характерні зразки, що знаходяться в експлуатації у країнах Європи, Азії, Південній і Північній Америці.

В ході аналізу було виявлено наступні технічні і технологічні кроки підвищення ефективності експлуатації конвеєрного транспорту:

1. Для залізорудних кар'єрів Кривбасу, можна рекомендувати для подальшого розвитку систем конвеєрної видачі гірської маси саме системи із притискною стрічкою, що добре зарекомендували себе у аналогічних гірничо-технічних умовах.

2. Розміщення конвеєрних установок в кар'єрі може позитивно впливати на ефективність застосування складального автотранспорту та формування транспортного комплексу.

3. Існуючі методики визначення кроку перенесення перевантажувальних пунктів не завжди дозволяють знайти оптимальне рішення через критеріальні неузгодженості, а тому потребують подальшого наукового розвитку.

4. В результаті проведеного аналізу було виявлено, що впровадження конвеєрних підйомників на глибоких кар'єрах забезпечує підвищення продуктивності праці в 1,5-2 рази, а також відповідне зниження собівартості.

5. Врахування режиму гірничих робіт та взаємовпливу його на вибір місця розміщення перевантажувальних пунктів є важливим для ефективного розвитку гірничих робіт при комбінованому автомобільно-конвеєрному транспорті.

Виконані дослідження можуть бути використані при проектуванні нових і реконструкції існуючих транспортних систем глибоких кар'єрів, що передбачають експлуатацію конвеєрного транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dudarev I., Chucui V., Dmitrieva S., Korol'kova M. (2019). Optimal Technological Modes of Screw Conveyors.
2. Smith S.F. Structural Stability, Support and Excavation Aspects of Mine Openings in Stratified Iron Ore Deposits. // PhD Thesis, University of Nottingham. - 1990 - 144pp.
3. Pankiv V., Tokarchuk O. (2017). Investigation of constructive geometrical and filling coefficients of combined grinding screw conveyor. INMATEH-Agricultural Engineering, 51, 59-68.
4. Блізнюков В.Г. Гірнича справа / В.Г. Блізнюков, С.О. Луценко, А.М. Пижик – 3-е вид., перероб. і доп. – Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О. – 2014. – 424 с., з іл.
5. Yakushko O., Sokolova O. M. (2010). Work Hope and Influences of the Career Development Among Ukrainian College Students. Journal of Career Development, 36, 310 - 323. doi:10.1177/0894845309345670
6. Semenchenko A., Stadnik M., Belitsky P., Semenchenko D., Stepanenko O. (2016). The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4, 42-51. doi:10.15587/1729-4061.2016.75936
7. Повышение эффективности работы конвейерных линий ЦПТ в условиях горных предприятий / В.Ф. Монастырский, Р.В. Кирия, А.Д. Малюта I др, // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 1994. - №1. - С.44-46.
8. Повышение эффективности циклично-поточной и поточной технологии на карьерах Кривбасса / В.Ф.Монастырский, Р.Ф.Кирия, А. Д. Кукушкин и др. // Горный журнал. - 1995. - №12. - С. 43-44.
9. Kuk Z. M. (1982). Conference of Ukrainian Scholars in Urbana, Illinois.

Nationalities Papers, 10, 277 - 279. doi:10.1017/s0090599200033754

10. Кармаев Г.Д., Тюлькин А.П., Сумина И.Г. К вопросу размещения дробильноперегрузочных пунктов комплексов ЦПТ по глубине карьера // ГИАБ. 2009. №10.

11. Новожилов М.Г., Дриженко А.Ю., Маевский А.М. Вскрытие глубоких горизонтов карьеров // Горный журнал. - 1981. - №4. - С. 38-42.

12. Четверик М.С. Вскрытие глубоких горизонтов карьеров при комбинированном транспорте. — К.: Наукова думка, 1986. - 186 с.

13. Четверик М.С. Параметры схем вскрытия горизонтов при комбинированном автомобильно-конвейерном транспорте // Горный журнал. 1985.-№7.-С. 44-47.

14. Четверик М.С. Вскрытие глубоких горизонтов при циклично-поточной технологии // Горный журнал. - 1982. - №4. - С. 22-26.

15. Korobiova R. H. (2017). ISSUES OF ORGANIZING THE PASSENGER TRANSPORTATION ON US RAILWAYS. Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 71-80. doi:10.15802/STP2017/99986

16. Gorban A. (2016). THE PROBLEMS OF COORDINATION AND COOPERATION OF THE BRANCHES OF TRANSPORT COMPLEX IN UKRAINIAN SSR (1970 – 1980). doi:10.21303/2504-5571.2016.00204

17. Yakovlev V.L. Teoreticheskiye osnovy vybora transporta rudnykh kar'yerov: Avtoref. dis...d-ra tekhn. nauk: 05.15.03 / IGD MCHM, 1978.-36 s.].

18. Linev V.P. Opredeleniye proizvoditel'nosti deystvuyushchego kar'yera pri nalichii nerabochego borta // Gornyy zhurnal. - 1987. - №3. — S.17-19.

19. Собко Б.Ю. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин. Системи відкритої розробки родовищ / Б.Ю. Соб-ко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков ; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – Д. : НГУ, 2020. – 239 с.

20. Куценко, В.И. Исследование технологии выемки скальных пород на глубоких карьерах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.03. / Куценко Владимир Ильич – Днепропетровск, 1981. – 20 с.

21. Четверик М. С. Временные методические рекомендации по выбору схем вскрытия и определению их экономической эффективности при комбинированном автомобильно-конвейерном транспорте на глубоких карьерах. - Днепропетровск: ИГТМ, 1985. - 45 с.

22. Kolesnykova T. O. (2013). Integration of Ukrainian Scientific Periodicals into the World Scientific Information Space. Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. doi:10.15802/STP2013/19835

23. Б.Є. Собко, В.В. Панченко, В.В. Лотоус, Д.В. Вінівітін Організація і планування відкритих гірничих робіт (системний підхід) :навч. посіб. / М-во освіти і науки України, НТУ “ДП”. – Д : НТУ “ДП”, 2020. – 187 с

24. Hryhoriev, Y., Sliusar, S., Herasymchuk, O., & Serheiev, P. Adaptation of the production system of the mining complex as a reaction to the dynamics of the external environment. Miningmetaltch 2023 – the mining and metals sector: integration of business, technology and education. Volume 1

25. Buki, P. Tightening the best on production cost / P. Buki, B. Nischk // Il Pit and Quarry. – 1986.–№ 3. – Pp. 38–44.

26. Пригунов, А.С. Современное состояние и перспективы применения циклично-поточной технологии открытой разработки в Кривбассе /А.С. Пригунов, И.Л. Гуменик // Горный журнал. – 2003. - № 4. – С. 62 - 65.

27. Собко Б.Ю. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин. Розкриття родовищ / Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков // Дніпро: Літограф. – 2017. – 205 с.

28. Кривда, В.В. Влияние эксплуатационно-технических параметров автосамосвала на параметры систем разработки глубокого железорудного карьера / В.В. Кривда // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. трудов.– Днепропетровск, 2014.– №115 .– С. 156–163.
29. Flebbe H.: Prüfung der dynamischen Beanspruchbarkeit von Fordergutverbindungen; Dissertation, Universität Hannover, Germany, 1984.
30. Haselbock D.: Good News, Nr 5, Brochure, 1999.
31. J.D. Santos. The cost and value of high-angle conveying: A comparison of economics for different conveying paths. Bulk Solids Handling Volume 33, Issue 1, 2013, Pages 18-23. Dos Santos International United States.
32. Dos. Santos J.A., Sandwich Belt High Angle Conveyors According to the Expanded Conveyor Tehnology - Bulk Solids handling. Vol. 20 № 1, USA, 2000.