

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**Обґрунтування раціональної схеми транспортної системи
глибоких кар'єрів**

за спеціальністю: J8 «Автомобільний транспорт»

Виконав: студент групи АТ-24м _____ А.О.Карпачов

Науковий керівник, доцент _____ О.С.Максимова

Допущений до захисту

« ____ » _____ 2025 р.

Зав. кафедрою АТ, професор _____ Ю.А. Монастирський

Кривий Ріг - 2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність J8 «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АТ

_____ Ю.А. Монастирський

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студенту

КАРПАЧОВУ Артуру Олексійовичу

1. Тема роботи Обґрунтування раціональної схеми транспортної системи глибоких кар'єрів затверджено наказом по КНУ від «17» 09 2025 р. № 737 с
2. Строк подання студентом роботи «03» 12 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи звіти про роботу технологічного обладнання залізорудних кар'єрів з перевезення гірничої маси, надійності роботи навантажувально-транспортних машин, перспективи розвитку технологій автомобільних перевезень на кар'єрах з метою підвищення їх ефективності
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд, постановка та обґрунтування задачі дослідження, теоретичні і експериментальні дослідження, узагальнення та оцінку результатів та їх практична реалізація, висновки
5. Перелік графічного матеріалу графічні схеми і залежності відповідно до етапів дослідження, отриманих результатів та встановлених зв'язків в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруковки презентації для членів ДЕК
6. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел за темою магістерської роботи	20.09.2025
2	Підготовка I розділу роботи та подання його керівникові	07.10.2025
3	Підготовка II розділу роботи та подання його керівникові	21.10.2025
4	Підготовка III розділу роботи та подання його керівникові	25.11.2025
5	Отримання відгуку керівника та рецензії	27.11.2025
6	Захист магістерської роботи у ДЕК	21.12.2025

Дата видачі завдання: «20» вересня 2025 р.

Студент _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

магістерська робота на тему: «Вдосконалення методів технічної експлуатації автомобілів в процесі управління їх працездатністю»

80 с., 27 табл., 18 рис., 27 формули, 25 джерела.

Вирішена актуальна науково-практична задача оптимізації парку рухомого складу й навантажувальних засобів на основі використання теорії масового обслуговування на прикладі промислового підприємства з нерівномірним вивозом готової продукції, що забезпечує підвищення ефективності його роботи..

Доведено, що методи, які використовуються для визначення оптимальної кількості залучених до роботи вантажно-розвантажувальних механізмів, повною мірою не враховують випадкових характер подачі рухомого складу під навантаження й така оптимізація здійснюється, в основному, залежно від вантажопідйомності автомобіля, якій виконує перевезення.

Більшість вантажних перевезень виконується укрупненими дискретними партіями фіксованого обсягу. Для врахування дискретного характеру процесу скупчення черги в моделях розрахунків витрат на транспортування запропоновано використовувати, як змінну величину категорію "вантажний модуль", під яким розуміється конструктивно або технологічно відособлена партія вантажу, що переміщується за ланцюгом поставок готової продукції.

Розроблена Методика визначення оптимальної кількості вантажно-розвантажувальних механізмів з використанням певного кількості вантажних модулів і одиниць, що обслуговують вимоги, при яких забезпечується мінімальні сукупні витрати на транспортування вантажів, шляхом зниження непродуктивних простоїв транспортних засобів і максимально ефективного використання вантажно-розвантажувальних механізмів.

Розраховані основні параметри транспортно-навантажувального комплексу, що мають оптимальні значення й обчислено економічний ефект від запровадження математичного моделювання вантажних відправлень на Криворізькому ремонтно-механічному заводі. Економічний ефект зростає при зростанні вимог на обслуговування і вантажопідйомності транспортних засобів

ТРАНСПОРТНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС, ВАНТАЖНИЙ МОДУЛЬ, НАВАНТАЖУВАЛЬНІ РОБОТИ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ

ЗМІСТ:

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ.....	9
1.1 Особливості транспортних систем глибоких кар'єрів.....	9
1.2 Стан і вивченість питань проектування й експлуатації гірничотранспортних систем глибоких кар'єрів.....	24
1.3 Проблеми й перспективи розвитку транспорту глибоких кар'єрів.....	30
Висновки до першого розділу.....	38
РОЗДІЛ 2. ПИТАННЯ КОМПЛЕКТАЦІЇ ВНУТРІШНЬОКАР'ЄРНИХ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ПРИ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	39
2.1 Комплексний підхід при виборі ефективних схем комбінованого транспорту на глибоких кар'єрах.....	39
2.2 Дослідження зміни витрат на транспортування гірничої маси зі збільшенням її відстані при поглибленні кар'єру.....	44
2.3 Обґрунтування ефективних схем комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту на глибоких кар'єрах.....	48
Висновки по другому розділу.....	54
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОТРАНСПОРТОМ В ГЛИБОКИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ.....	55
3.1 Вплив глибини кар'єру на вибір типу і вантажопідйомності автотранспортного засобу для перевезення гірничої маси.....	55
3.2 Удосконалення конструкції автосамоскидів для роботи в глибоких кар'єрах.....	65
Висновки до третього розділу.....	75
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРНОГО АВТОТРАНСПОРТУ.....	77
4.1 Організація роботи технологічного автомобільного транспорту в кар'єрах	
4.2 Правила виконання робіт з завантаження та розвантаження кар'єрного транспорту.....	81
4.3 Санітарні правила при роботі в кар'єрі.....	83
Висновки до четвертого розділу.....	83
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку відкритих гірничих робіт триває вдосконалювання гірничотранспортної техніки, пов'язане зі збільшенням одиничної потужності кар'єрних екскаваторів, автосамоскидів, а також появи конвеєрів з кутом підйому до 50° , що дозволяє створювати великі надглибокі кар'єри нового покоління.

Все це призводить до того, що вже зараз у світі є кар'єри глибиною 450-500 м і існує реальна можливість збільшення їхньої глибини до 650-800 м. При цьому виникають нові проблеми, серед яких однією із ключових є проблема забезпечення зв'язку гірничотранспортної системи кар'єру з виробничими комплексами на його поверхні.

Рішення проблеми транспортування гірничої маси прямо пов'язане з підвищенням продуктивності кар'єру й зниженням собівартості корисної копалини, що видобувається на цьому кар'єрі. Збільшення глибини кар'єру припускає зміна існуючих схем транспортування гірничої маси. Сучасна тенденція вказує на доцільність переходу від циклічних до циклічно-поточних технологій (ЦПТ), що забезпечує кращі економічні показники видобутку руди на великих глибинах. На багатьох залізрудних кар'єрах широке застосування одержав комбінований автомобільно-залізничний вид транспорту, що поступово переходить на автомобільно-конвеєрний транспорт із використанням круто похилих конвеєрів.

Світова практика показує, що без переходу на циклічно-поточну технологію в глибоких кар'єрах важко конкурувати на ринку мінеральної сировини. Вітчизняні залізрудні кар'єри досягли критичних глибин, на яких недоцільно використовувати тільки залізничний або автомобільний транспорт і їхні комбінації. Збільшення відстані транспортування гірничої маси автосамоскидами підвищує експлуатаційні витрати в геометричній прогресії.

Досвід роботи вітчизняних кар'єрів і результати аналізу перспектив технічного прогресу дають можливість припускати, що в найближчі 10 - 15 років транспортні системи глибоких кар'єрів будуть формуватися на основі

трьох видів транспорту: автомобільного, залізничного і конвеєрного, а також їхніх комбінацій.

Широко розповсюджений у практиці обґрунтування проектних рішень метод варіантів дозволяє на деякий розрахунковий момент визначити капітальні й експлуатаційні витрати й оцінити порівнювані технологічні схеми транспорту в цілому. Однак специфіка розробки кар'єрів глибокого типу полягає в тому, що гірничотехнічні умови їх експлуатації значно відрізняються для різних робочих горизонтів у певний момент часу й змінюються в міру зниження гірничих робіт. У зв'язку із цим ефективність тієї або іншої схеми транспорту може бути оцінена тільки з урахуванням витрат на перевезення гірничої маси різними видами транспорту залежно від обсягів, дальності транспортування й висоти підйому вантажу як головних факторів, що формують собівартість перевезень і закономірності її зміни в міру розробки кар'єру.

З огляду на те, що зміна показників роботи різних видів транспорту із збільшенням глибини кар'єру відбувається неоднаково, вдосконалення діючої на кар'єрі транспортної системи шляхом введення нових засобів доставки гірничої маси є цілком закономірним.

Варто також урахувати, що техніко-економічні показники розробки для кожного конкретного родовища можуть значно розрізнятися. Тому дослідження з оптимізації зони застосування різних видів транспорту в глибоких кар'єрах особливо актуальні на теперішній час. Від цього залежить економічна доцільність інвестицій при переході гірничих робіт на глибокі горизонти.

Мета магістерської роботи полягає в дослідженні шляхів розвитку гірничотранспортної системи залізрудних кар'єрів зі зниженням гірничих робіт на основі обґрунтування границь ефективного застосування різних схем комбінованого транспорту для зменшення собівартості транспортування гірничої маси.

Об'єкт дослідження - комбіновані гірничотранспортні системи глибоких кар'єрів.

Предмет дослідження - зміна схем комбінованого кар'єрного транспорту зі зниженням гірничих робіт.

Відповідно до мети в роботі поставлені й вирішені наступні **основні завдання**:

1. Виконано аналіз внутрішньокар'єрних засобів транспорту при циклічно-поточній технології для вибору оптимальної стратегії формування гірничотранспортної системи глибоких кар'єрів;

2. Розроблено пропозиції для обґрунтування доцільності використання круто похилих конвеєрів у складі комбінованої схеми транспортування гірничої маси на глибоких залізрудних кар'єрах;

3. Розроблено методику розрахунку оптимальної глибини застосування різних видів транспорту при переході на комбіновану схему транспортування гірничої маси на глибоких залізрудних кар'єрів.

Для досягнення мети й вирішення поставлених у магістерській роботі завдань використані як традиційні, так і сучасні **методи наукового дослідження**. До традиційних методів відносяться: аналіз наукової літератури, систематизація, класифікація, опис, порівняння показників роботи різних видів транспорту на залізрудних кар'єрах, застосування інженерних формул, планування й обробка експериментальних даних. При розробці методики розрахунків були застосовані методи абстрагування й кореляційно-регресійного аналізу для виділення величин, що найбільш значимо впливають на глибину введення схем циклічно-поточної технології.

Практична значимість роботи полягає в тому, що для умов роботи залізрудних кар'єрів розраховані оптимальні параметри застосуванні комбінованої транспортної схеми, які забезпечують найменшу собівартість транспортування гірничої маси. Рекомендується глибину введення залізничного транспорту обмежити 149 м, а конвеєрного підйомника - 344 м у схемах циклічно-поточної технології.

Доведено, що перехід на застосування комбінованого виду транспорту при розробці глибоких кар'єрів економічно доцільний і дозволить розширити межі ефективного застосування відкритого способу розробки залізрудних родовищ.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ

1.1 Особливості транспортних систем глибоких кар'єрів

Одна з головних проблем гірничорудної промисловості пов'язана з переміщенням гірських порід на глибоких кар'єрах. Негативні тенденції розвитку системи переміщення гірських порід: подорожчання доставки гірських порід з кар'єру на збагачувальну фабрику й відвал, викиди пилу й токсичних компонентів відпрацьованих газів у навколишнє середовище - викликані збільшенням глибини кар'єрів і обсягів виїмки розкривних порід.

Процес розвитку відкритого способу видобутку корисних копалин на сучасному етапі характеризується постійним ростом глибини кар'єрів, разом і змінами в продуктивності й концентрації гірських робіт.

Обсяги переміщення гірської маси на рудних кар'єрах чорної металургії України перевищують 170 млн.т. на рік. Основна частка перевезень доводиться на автомобільний (65 %) і залізничний (35 %) транспорт. Значна глибина рудних кар'єрів створює умови для використання комбінованого транспорту. Так на залізничних кар'єрах комбінованим транспортом вивозиться 41,5% гірничої маси, у тому числі 70% добутої руди.

Аналіз роботи гірничодобувних підприємств України (табл.1.1) показує, що залізні руди відпрацьовуються кар'єрами проектною глибиною до 400 м, а в окремих випадках - 500-700 м. Розміри таких кар'єрів у плані становлять 1000х3500 м і більше по поверхні, а їхні розміри по дну змінюються від 300 до 1240 м [3].

При цьому запаси корисних копалин становить 600-1000 млн. т, основна частина яких розташована нижче дна кар'єру.

Таблиця 1.1

Гірничотехнічні показники відкритої розробки залізних руд в Україні

Найменування показника	Кар'єр ІнГЗК	Кар'єр ПівдГЗК	Кар'єр № 2-біс АМКР	Кар'єр № 3 АМКР	Кар'єр № 1 ЦГЗК	Кар'єр № 3 ЦГЗК	Ановський кар'єр ПівнГЗК
Горизонтальна потужність рудного покладу m_z , м	70- 550	135- 400	45- 90	260- 540	95- 595	300- 350	300- 650
Кут падіння покладу α , град	60-70	40-70	60-85	55-70	55-70	45-85	55-85
Проектна глибина кар'єру, м	650	660	415	500	500	545	450
Проектна продуктивність: - по руді P_n , млн т - по розкриву V_n , млн т	36,5 90,3	34,0 69,4	8,5 24,7	18,0 43,0	9,5 31,7	9,0 24,8	18,5 87,0
Розміри кар'єру по поверхні: - ширина B , м - довжина L , м	2250 3600	2550 3000	1200 2200	2000 2550	1630 4290	1360 1700	1500 7300
Розміри кар'єру по дну: - ширина B , м - довжина L , м	240 1000	175 350	100 400	450 800	70 200	110 126	30 4200
Річна продуктивність кар'єру по руді A_{KK} , млн т	35	35,5	9,7	13,8	9,8	4,8	15
Річна продуктивність кар'єру по розкриві A_{PK} , млн т	67,6	73,4	26,1	46,7	37,8	13,9	77,8
Відстань транспортування розкриву L_{tr} , км	7	5	3	4	2	11	9
Обсяг розкриву в кар'єрі V , млн м ³	446	217	78,1	177	154	288	398
Балансові запаси руди $P_{з.б.}$, млн. т	407,3	534,3	838	675	1061	842	593

Залучення в експлуатацію цих запасів приведе: по-перше, до підвищення виробничої потужності кар'єру по розкриву, що характеризується зростанням середнього й поточного коефіцієнтів розкриву; по-друге - до необхідності переносу цивільних об'єктів: селищ, відвалів порід розкриву, складів бідних руд, залізниць, фабрик і ін.; по-третє - до розширення площі гірничого відводу підприємства. Внаслідок цього зростають витрати на видобуток сирової руди й виробництва рудного концентрату.

Значна роль у технічному переозброєнні залізрудних кар'єрів належить циклічно-поточній технології (ЦПТ).

Впровадження ЦПТ на кар'єрах великої продуктивності й глибини дозволяє скоротити відстань перевезень автосамоскидами в 1,5-2 рази, знизити собівартість транспортування гірничої маси на 30-50%, збільшити продуктивність праці в 1,5-2 рази, скоротити собівартість видобутку руди на 10-20%, а енергетичні витрати - на 20-25 %.

При досягнутому технічному рівні гірничої й транспортної техніки на глибоких кар'єрах однієї з основних тенденцій розвитку транспортних систем повинне стати прагнення більш глибокого введення залізничного транспорту.

При цьому важливо встановити взаємозв'язки проектних потужностей кар'єрів із закономірностями формування їхніх транспортних систем. Усе кар'єри можна поділити на три основні групи:

- 1) такі, що стабільно виконують плани й досягли проектного рівня;
- 2) періодично досягали проектного рівня;
- 3) не досягли або не досягали тривалий час проектного рівня.

Об'єктивні причини, що утрудняють досягнення проектних обсягів видобутку руди, зводяться до наступного:

По-перше, більшість цих кар'єрів мають масштаби виробництва гірничих робіт, у тому числі по руді, що значно перевищують середні для підприємств галузі.

По-друге, такі кар'єри повинні освоїти й величезні обсяги розкривних робіт. Так, на Анівському кар'єрі такі роботи становлять понад 68,4 млн. т, при цьому поточний коефіцієнт розкриву тут досягає $3,8 \text{ м}^3/\text{т}$ при середнім його значенні по всіх глибоких кар'єрах $2,0 \text{ м}^3/\text{т}$.

По-третє, всі вони мають значні просторові розміри, на більшості запроектована поетапна розробка, відсутній тривалий період експлуатації постійних бортів. У результаті створюються труднощі в забезпеченні інтенсивності розвитку гірничих робіт при неможливості розташувати на робочих бортах кар'єрів стаціонарні транспортні комунікації й т.п..

Кар'єрні транспортування - це один із процесів відкритих гірничих робіт, що характеризується значним обсягом вантажопотоку з періодичним

переміщенням транспортних комунікацій при відносно невеликих відстанях транспортування зі значними кутами нахилу доріг [5].

У глибоких кар'єрах основні функції по переміщенню вантажів по похилих і круто-похилих трасах виконує внутрішньокар'єрний транспорт. На значних глибинах робота внутрішньокар'єрного транспорту набуває наступну специфіку [6]:

- 1) значно збільшуються відстані транспортування гірничої маси на поверхню;
- 2) із загальної довжини транспортних комунікацій різко зростає частка підйому гірничої маси;
- 3) виникає необхідність застосування декількох видів транспорту для більш раціонального розподілу функцій;
- 4) обмеженість фронту робіт утрудняє маневреність при виконанні транспортних операцій;
- 5) відбувається більша інтенсивність переміщення транспортних комунікацій, пунктів перевантаження усередині кар'єру й т.д.;
- 6) ускладнюються обслуговування й ремонт транспортних засобів, викликані недоцільністю переміщення всього такого устаткування на поверхню.

Найпоширенішими видами кар'єрного транспорту є автомобільний, конвеєрний, залізничний і комбінований.

Автомобільний транспорт характеризується автономністю приводу й найвищою серед всіх видів кар'єрного транспорту маневреністю (радіус повороту автосамоскида 8,7-19,8 м). Найбільш поширенішими засобами автотранспорту є колісні автосамоскиди з розвантаженням гірничої маси шляхом нахилу кузова назад. Основними параметрами кар'єрних автосамоскидів є вантажопідйомність, обсяг кузова, потужність двигуна, колісна формула, мінімальний радіус повороту, довжина й ширина (рис.1.1).

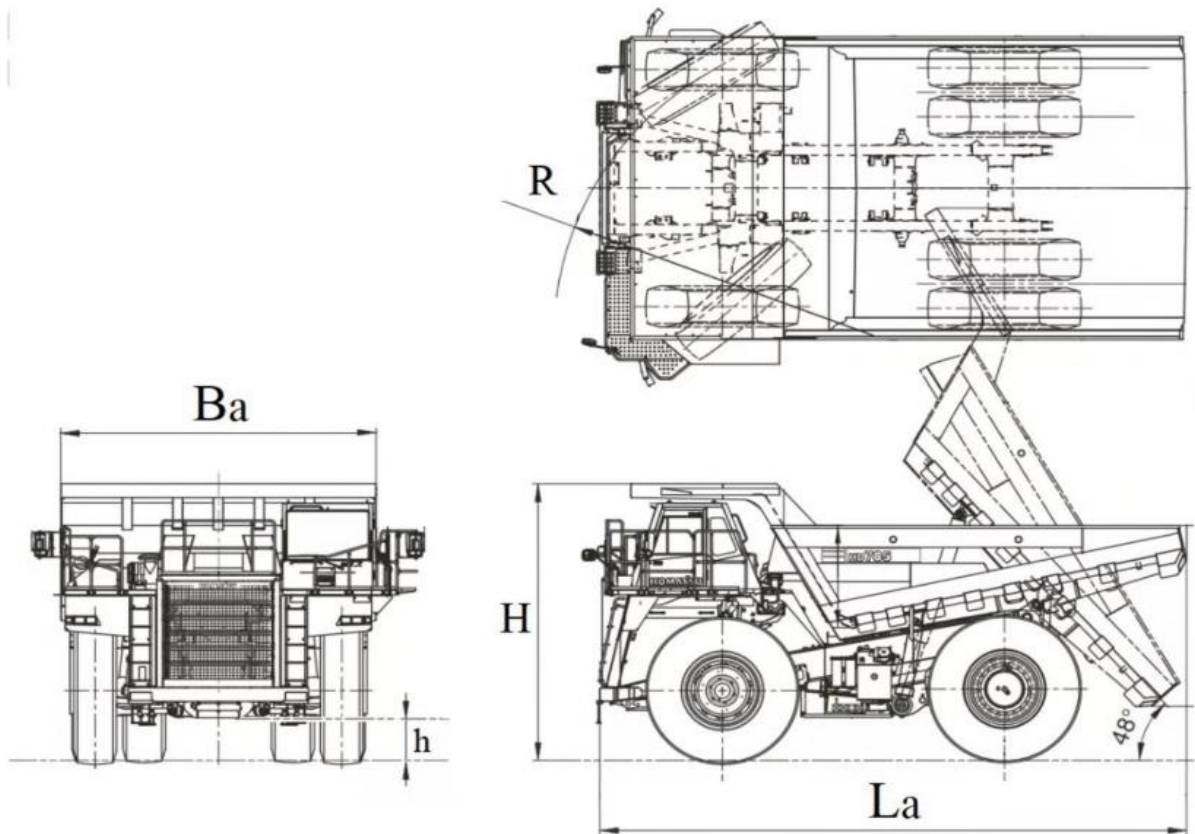


Рис.1.1. Геометричні параметри автосамоскида: L_a - довжина, м; B_a - ширина, м; H - висота, м; R - радіус повороту, м; h - кліренс.

Автосамоскиди застосовуються в умовах інтенсивного зрушення вибоїв і високого темпу поглиблення гірничих робіт при різній продуктивності кар'єрів, від декількох сотень тисяч до 70-100 млн. т гірничої маси на рік і відстані транспортування гірничої маси до 4 км (в окремих випадках 6 - 7 км), а також у період будівництва кар'єрів.

Недоліком автомобільного транспорту є порівняно високі витрати на транспортування на відстань більше 4 км. При більших масштабах виробництва автомобільний транспорт, як правило, використовується в сполученні з іншими видами транспорту (залізничним, конвеєрним, скіповим підйомом і ін.).

Основними обмеженнями при використанні автомобільного транспорту в глибоких кар'єрах є відстань транспортування й ухили. Ухили доріг при автомобільному транспорті міняються від 50 до 120 %. Радіуси кривих не є істотним обмеженням експлуатації автосамоскидів на глибоких горизонтах

кар'єру, тому що не перевищують 10-20 м. Серйозним недоліком автотранспорту з дизельними двигунами в глибоких кар'єрах є виділення шкідливих вихлопних газів. Тому останнім часом вишукуються способи зниження їхньої токсичності або застосування на автомобілях інших джерел енергії.

Ефективність роботи автотранспорту в кар'єрах значною мірою визначається станом і якістю автомобільних доріг. За умовами експлуатації вони діляться на постійні, тимчасові й пересувні. Постійні і тимчасові мають спеціальне дорожнє покриття із щебенів або бетону, що споруджують на поверхні, у капітальних траншеях і при в'їзді на робочі горизонти. Постійні дороги служать протягом 5-7 років. Пересувні дороги обладнаються на робочих площадках у кар'єрі й на відвалах і, як правило, не мають дорожнього покриття. Переміщаються вони слідом за відпрацьовуванням кожної панелі.

Залізничний транспорт на сучасних кар'єрах досить розповсюджений. Він має перевагу, у порівнянні з іншими видами транспорту, при розробці великих по площі родовищ (горизонтальні розміри яких значно перевищують вертикальні), мають більшу потужність, відносно стійке й витримане залягання. При використанні залізничного транспорту на відкритих гірничих роботах застосовуються вагони-самоскиди (думпкари) (рис.1.2), а також електровози змінного струму зчіпною вагою 1000-15000 кн.

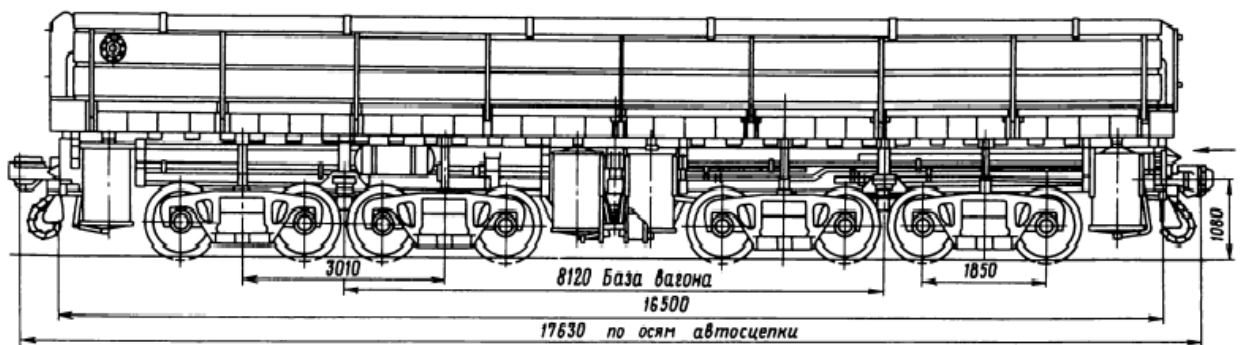


Рис.1.2. Думпкар ВР-100 вантажопідйомністю 100 т

Для розвитку транспортних комунікацій при залізничному транспорті необхідна значна довжина фронту робіт на уступах (більше 300-400 м), великий радіуса повороту (більше 120-150 м), малі підйоми й схили шляхів (25-40‰ и в особливих випадках до 50-60‰). Крім того, утрудняє використання залізничного транспорту й необхідність розвитку залізничних колій у стислому робочому просторі кар'єру на його глибоких горизонтах. Тому при збільшенні глибини кар'єру, найбільш часто, залізничний транспорт використається в комбінації з автомобільним.

При застосуванні залізничного транспорту можливо досягти практично будь-якої продуктивності (від сотень тисяч тонн до 150 млн. т на рік і більше) при економічно вигідних відстанях транспортування (більше 3 км) за рахунок високої пропускної здатності шляхів і збільшеній зчіпній масі поїзда до 1500-2000 т і більше. Є можливість також автоматизувати рух і управління транспортними операціями. Крім того, залізничний транспорт дозволяє використати будь-які види енергії й локомотиви різних конструкцій. Він відрізняється невеликими витратами енергії, внаслідок малого питомого опору руху рухомого складу по рейкових шляхах (20-25 Н на 1 т маси поїзда).

Але при використанні залізничного транспорту (особливо в глибоких кар'єрах) різко зростають довжина похилих траншей, загальний обсяг гірничо-капітальних робіт, ускладнюються транспортний доступ до вибоїв і організація руху, знижується маневреність транспортних засобів, ускладнюється їхній обмін і т.д. Все це впливає на продуктивність екскаваторів і засобів транспорту. З ростом глибини збільшується трудомісткість переміщення й утримання мережі залізничних колій. При цьому скупченість контактної мережі й мережі енергозабезпечення надзвичайно утрудняє їхні часті переноси й експлуатацію. Значно більш складної, ніж при автомобільному транспорті, є технологія й механізація розкривних робіт.

Конвеєрний транспорт характеризується безперервністю й ритмічністю переміщення вантажів, можливістю підвищення продуктивності виємно-навантажувального устаткування, спрощення загальної організації праці й зниження трудомісткості робіт. Найпоширенішими засобами конвеєрного транспорту в умовах відкритої розробки залізорудних родовищ є конвеєрні похилі комплекси під кутом $14-18^\circ$, розміщені в підземній галереї (ПівдГЗК, ІнГЗК) (рис.1.3). Менш розповсюдженими є круто-похилі конвеєри ($37-45^\circ$), які на найближчу перспективу розглядається використати на Південному ГЗК.



Рис.1.3. Стрічковий конвеєр у залізорудному кар'єрі

Конвеєрний транспорт на глибоких кар'єрах застосовується винятково в комбінації з автосамоскидами, які призначені для підготовки й відпрацьовування нижніх горизонтів і доробки приконтурної зони родовища. Відстань транспортування автосамоскидами в таких схемах, як правило не перевищує 1 км. Перевантажувальні пункти обладнують дробильним устаткуванням, встановленим у тілі уступу або на концентраційному горизонті зі спорудженням пластинчастого живильника. Перевантажувальні

пункти в міру поглиблення кар'єрів переносяться на нижні горизонти через 90-105 м.

Продуктивність конвеєрних установок зі зростанням глибини кар'єрів знижується незначно (не більше ніж на 3-5%). Довжина транспортування визначається числом конвеєрних ставів у лінії й може бути необмеженою. Все це вигідно відрізняє конвеєрний транспорт від інших видів транспорту, що доставляє гірничу масу на поверхню.

Серед недоліків конвеєрного транспорту - підвищене зношування стрічок (12-18 місяців роботи) при доставці скельних сильно абразивних порід. Крім того, розмір шматків, що транспортують конвеєрами, не повинен перевищувати 25-35% ширини стрічки (відповідно 150-200 і 300-400 мм для вузьких і широких стрічок), що вимагає додаткових витрат на установку устаткування великого дроблення у внутрішньокар'єрному просторі.

Багато видів транспорту погіршують свої показники при використанні їх у глибоких кар'єрах: знижується швидкість руху, зменшується зручність розміщення транспортних комунікацій, збільшуються час доставки вантажів на поверхню й витрати на перевезення порід. У практиці відкритих гірничих робіт за останні роки на глибоких кар'єрах найпоширеніші комбінації автомобільного транспорту із залізничним, а також з конвеєрним підйомом.

Найчастіше автомобільно-залізничний транспорт використовується в кар'єрах з великим обсягом гірничих робіт і при значній відстані транспортування. Автосамоскиди вводяться в кар'єр, коли виникають труднощі в розміщенні залізничних колій через звуження розмірів дна кар'єру в плані. У цих випадках залізничний транспорт продовжує використатися на верхніх і середніх горизонтах кар'єру, а на глибокі працює автомобільний транспорт, що вивозить гірничу масу з вибоїв до перевантажувальних пунктів, розташованих на проміжних горизонтах кар'єру (рис.1.4). Перевантажувальні пункти переносять у міру поглиблення кар'єру, при цьому крок переносу становить від 40 до 90 м [5].

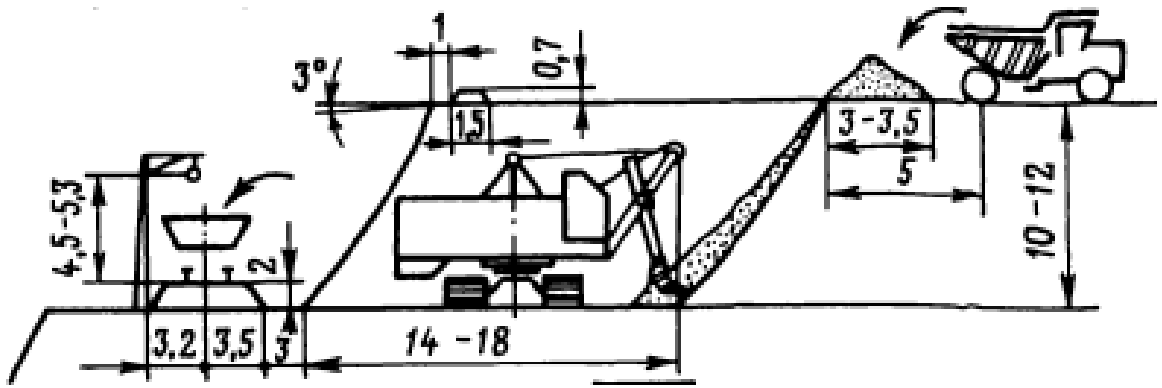


Рис.1.4. Перевантажувальні пункти при автомобільно-залізничному транспорті

При автомобільно-конвеєрному транспорті автосамоскиди виконують ті ж функції, що й при автомобільно-залізничному. На проміжних горизонтах розміщаються перевантажувальні пункти, гірнича маса яких доставляється автосамоскидами (рис.1.5).

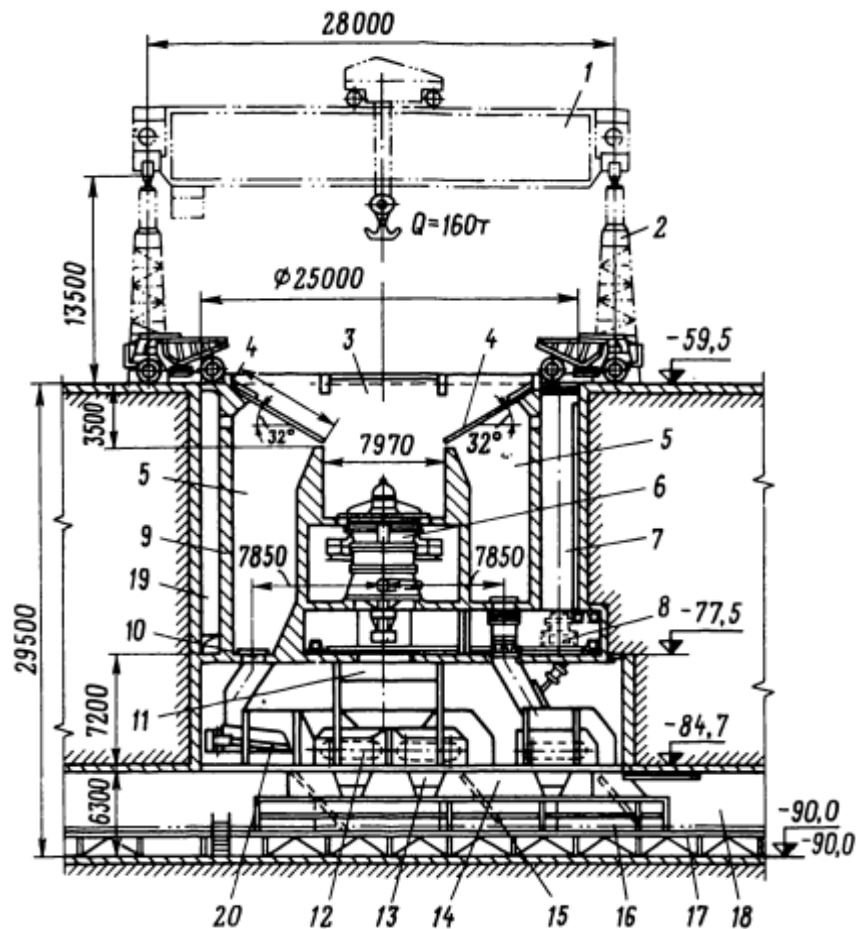


Рис.1.5. Перевантажувальний пункт у кар'єрі Інгулецького ГЗК

1 - кран вантажопідйомністю 160/32 т; 2 - підкранова естакада; 3 - прийомна лійка; 4 - гуркіт; 5 - бункер гуркоту; 6 - конусна дробарка ККД-1600/1807 - проріз для вантажів; 8 - візок; 9 - корпус установки; 10 - перехідна лійка; 11 - бункер під дробаркою; 12 - пластинчастий живильник; 13 - лійка під живильником; 14 - перевантажувальний кожух; 15 - відбійна плита; 16 - перехідний бункер; 17 - стрічковий конвеєр; 18 - штольня; 19 - вентиляційний канал; 20 – віброживильник

Відстань транспортування звичайно досягає 0,6-0,8 км, рідше 1-1,5 км і більше. Перевантажувальні пункти обладнуються дробильними установками, на яких скельні породи й руди дробляться до крупності, необхідної для транспортування конвеєрами. Перевантажувальні пункти в міру поглиблення кар'єрів переносяться на нижні горизонти через 40-80 м, а в деяких випадках навіть через 120-150 м.

Автомобільно-конвеєрний транспорт застосовується в кар'єрах великої виробничої потужності. Продуктивність його може досягати, до 20 тис. м³/година [6]. Всі зазначені види внутрішньокар'єрного транспорту мають свої переваги й недоліки. Зони їхнього ефективного застосування представлені на (рис.1.6).

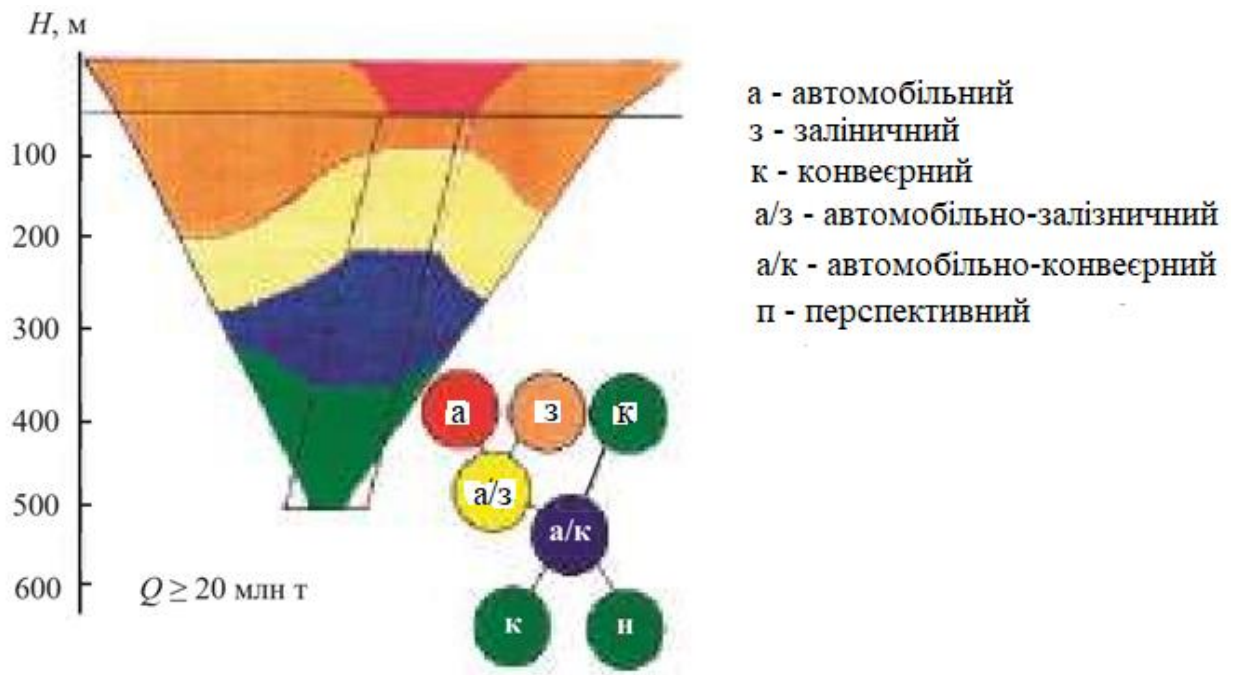


Рис. 1.6. Зони ефективного застосування різних видів транспорту залежно від глибини кар'єру

Всі види засобів транспорту за ступенем поширеності й досвіду експлуатації можна умовно розділити на три категорії: розповсюджені, малопоширені й перспективні [16].

До розповсюджених засобів транспорту варто віднести такі, досвід експлуатації яких в умовах відкритої розробки родовищ досліджений у достатній мері, а інформація про їхні техніко-економічні показники відбита у вигляді статистичних даних і паспортів їхньої роботи. При порівнянні й дослідженні параметрів гірничотранспортних систем, у яких застосовуються розповсюджені засоби транспорту, доцільно використати метод техніко-економічного аналізу.

До малопоширених засобів транспорту варто віднести такі, досвід експлуатації яких в умовах відкритої розробки родовищ є лише на окремих підприємствах, а інформація про техніко-економічні показники засобів транспорту має місце лише для гірничо-геологічних умов цих підприємств. При порівнянні й дослідженні параметрів гірничотранспортних систем, на яких застосовуються хоча б один малопоширений засіб транспорту, доцільно використати методи техніко-економічного аналізу й аналогій.

1.2 Стан і вивченість питань проектування й експлуатації гірничотранспортних систем глибоких кар'єрів

Основні принципи ефективного розвитку технології відкритих гірничих робіт із застосуванням різних видів транспорту, розвиток теоретичних і практичних основ вибору й обґрунтування раціональних варіантів розкриття глибоких горизонтів кар'єрів із застосуванням циклічно-поточної технології знайшли відображення в роботах наступних українських і закордонних вчених: Н.В. Мельникова, В.В. Ржевського К.Н. Трубецького, А.Ю. Дриженко, М.С. Четверик, М.Г. Новожилова, Г.М. Малахового, В.Ф. Бизова, А. А. Кулішова й інших.

Думка про доцільність застосування залізнично-конвеєрного транспорту із внутрішньокар'єрним розміщенням комплексів перевантаження викладена Ржевським В.В. у роботі «Технологія й комплексна механізація відкритих гірничих робіт» у 1980 р.. У роботі наведені способи прискореного формування неробочого борта кар'єру, будівництва комплексу перевантаження з конвеєрного на залізничний транспорт і дробильно-конвеєрний комплекс.

У монографії «Технологія відкритої розробки глибоких горизонтів» 1992 р. Н.С. Буктуков висвітлює питання взаємозв'язку параметрів системи розробки й продуктивності гірничотранспортного устаткування при розробці глибоких горизонтів залізрудних кар'єрів. Також у монографії викладені циклічно-поточні технології з використанням залізнично-конвеєрної схеми транспортування корисних копалин [35].

На відміну від країн ближнього зарубіжжя, на відкритій розробці залізрудних родовищ України дотепер повноцінно не впроваджена циклічно-поточна технологія. Основні причини пов'язані з великими строками окупності комплексів ЦПТ через неповне використання проектних потужностей конвеєрів. Стиснуті умови глибоких кар'єрів зменшують маневреність автосамоскидів у дробильно-перевантажувальних пунктах обладнаних конвеєрними стрічками. Це одна із причин неповного використання їхніх проектних потужностей.

Якщо за рубежом формування транспортних систем почалося із заміни залізничного транспорту автомобільним, то в нас залізничний транспорт зберігся й широко використався на кар'єрах у теперішній час поряд з автомобільним. Кожний з них має раціональну область застосування. Це визначило напрямок подальшого розвитку транспортних систем глибоких кар'єрів.

Перший якісний стрибок пов'язаний із застосуванням комбінованого автомобільно-залізничного транспорту із внутрішньокар'єрним перевантаженням гірничих порід. Ефективність нової транспортної системи

була отримана за рахунок синтезу протилежних властивостей різних видів технічних засобів. У автосамоскидів такими властивостями є: робота в складних умовах залягання руд, маневреність транспортних одиниць, більші ухили траси, а в рухомого складу залізничного транспорту: більше завантаження транспортних одиниць, велика відстань перевезення гірничих порід, використання електроенергії замість дизельного палива.

Система комбінованого автомобільно-залізничного транспорту перевершує системи незалежного автомобільного й незалежного залізничного транспорту за своїми показниками. Тому вона широко впроваджувалася на глибоких залізрудних кар'єрах, де були всі необхідні умови для її ефективного застосування. Внаслідок адаптації до умов розробки транспортні системи розподілилися по висоті кар'єрів, що привело до формування робочих зон, що включають групу робочих уступів, розташованих один над іншим. У верхній частині кар'єрів сформувалася робоча зона незалежного залізничного транспорту, а в нижньої - комбінованого автомобільно-залізничного транспорту. Вони відрізнялися різними показниками динаміки технологічних процесів. У результаті, виникло протиріччя між темпами поглиблення гірничих робіт у зоні незалежного залізничного транспорту (5-10м/рік) і зоні автомобільно-залізничного транспорту (15-20 м/рік).

При великому розходженні динамічних показників висота робочої зони автомобільно-залізничного транспорту зростала зі швидкістю 10 м/рік. З такою же швидкістю збільшувалася висота підйому гірничих порід автосамоскидами, що викликало швидке зростання витрат на переміщення гірничих порід.

Широкомасштабне впровадження ЦПТ на залізрудних кар'єрах України проводилося в період 1970-1990 років. У цей час було виконано більше 20 проектів переозброєння кар'єрів і 14 транспортних систем уведено в експлуатацію. В 1990 році сумарна виробнича потужність комплексів устаткування АК і АКЗ транспорту досягла 170 млн. т на рік. Усього ж, з

їхньою допомогою на той час було переміщено 1,2 млрд. т гірничих порід [29, 30].

Перевантаження гірничих порід з конвеєра в думпкари в структурі комплексної механізації АКЗ включають два види накопичувальних ємностей: бункери й склади. Бункери використовуються при прямому навантаженню складів. Такий спосіб застосовувався на Ганівському кар'єрі ПівнГЗКа при переміщенні розкривних порід. Однак він виявився неефективним через великі капітальні витрати й обмежену місткість бункерів (1000 т). Інший спосіб передбачає використання естакади для розвантаження конвеєра на площадку. Таким чином, формується штабель, місткість якого становить 100-200 тис. т руди або 20 тис. т породи. Виїмка зі штабеля й навантаження думпкарів здійснюється кар'єрним екскаватором. Цей спосіб застосовувався на кар'єрі ПівдГЗКа під час будівництва конвеєрної лінії від кар'єру до збагачувальної фабрики. Більша місткість штабеля здатна забезпечити безперебійну роботу транспортних засобів. Але при цьому час навантажування складів (45-60 хв.) збільшується в 2-3 рази в порівнянні з бункерним способом.

Ефективність комбінованого бункерно-екскаваторного способу навантаження думпкарів підтверджена досвідом його промислового використання. Він застосовується практично у всіх системах АКЗ транспорту, уведених після 1980 року. Побудований раніше бункерний комплекс перевантаження розкривних порід на Ганівському кар'єрі був реконструйований і став бункерно-екскаваторним.

В 60-х роках на Заході гірничодобувні підприємства відмовилися від застосування залізничного транспорту на глибоких кар'єрах. Таке рішення було продиктовано зростанням капітальних витрат на розвиток транспортних комунікацій. Перевагу одержав менш капіталомісткий автомобільний транспорт. За кілька років вартість автотransпортних перевезень досягла 50 % загальної вартості гірничих робіт, причому 80 % цієї суми доводилося на паливо, мастила й шини.

З початку 70-х років ЦПТ застосовується на залізорудних кар'єрах: США, Чилі й Мексики. Досвід промислового освоєння комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту показав його ефективність у порівнянні з незалежним автомобільним транспортом, незважаючи на підвищення початкових капвкладень у середньому на 11 %.

Це можна пояснити двома основними причинами. По-перше, заміна автосамоскидів конвеєрами на підйомі гірничих порід з кар'єру - найважчій ділянці їхньої роботи, де зношування двигунів і витрати пального максимальні, дозволяє істотно зменшити експлуатаційні витрати. По-друге, зростання початкових капвкладень може бути обмежене при відкритому розташуванні конвеєрів і дробильних установок у кар'єрі.

Досягнуті результати свідчать про те, що відбувся якісний стрибок у конструкції комплексів дробильного й конвеєрного встаткування. До 1986 року кількість самохідних і пересувних дробильних установок на закордонних кар'єрах перевищило 50 штук.

Комплекси устаткування автомобільно-конвеєрного транспорту включають також: розвантажувальні, похилі, розсувні, відвальні конвеєри із шириною стрічки до 1800 мм й швидкістю руху до 4 м/с. Вони виготовляються у відкритому виконанні й можуть бути стаціонарними, пересувними, переносними й самохідними. Для переміщення розкривних порід у відвали використовуються самохідні гусеничні від валоутворювачі з довжиною стріли 56 м.

1.3 Проблеми й перспективи розвитку транспорту глибоких кар'єрів

Для правильної оцінки порівняльної ефективності різних видів транспорту дуже важливо приводити в порівнянний вид показники їхнього функціонування залежно від розвитку динаміки гірничих робіт та умов транспортування.

Для оцінки стану й перспектив розвитку транспортних систем кар'єрів необхідно керуватися наступними методичними положеннями:

- оцінку стану транспортної системи кар'єру великої глибини й продуктивності на певний момент розвитку необхідно здійснювати з урахуванням попередньої історії її формування від проектування, реалізованих реконструкцій, технічних, технологічних і організаційних рішень до сучасного періоду;

- обґрунтування перспектив розвитку транспортної системи кар'єру необхідно здійснювати з урахуванням сучасного стану гірничих робіт, виявлених у попередні періоди переваг і недоліків сформованої транспортної системи й особливостей розвитку кар'єру до граничного контуру з урахуванням можливого використання його транспортної системи при наступній підземній або комбінованій розробці глибинної частини родовища.

Узагальнення досвіду експлуатації глибоких кар'єрів України дозволяють досить чітко на кожному з них виділити три основні зони за глибиною, що мають різні умови для здійснення робіт і транспортування гірничої маси:

- 1) верхня зона, що характеризується можливістю організації прямих заїздів, стаціонарністю основних транспортних комунікацій;

- 2) середня зона, яка розкривається засобами залізничного й автомобільного транспорту шляхом організації тимчасових з'їздів, найчастіше з кількаразовою зміною напрямку руху;

- 3) нижній зоні властиві складність спорудження навіть тимчасових транспортних комунікацій, обмеженість просторових розмірів кар'єру, необхідність постійного проведення робіт з розкриття й підготовки нових горизонтів.

Необхідність застосування практично на кожному кар'єрі великої глибини й продуктивності декількох видів транспорту закладена в самій природі їхньої різниці по технологічних, технічних і економічних характеристиках.

Одним з методів приведення у порівнянний вид умов транспортування при різних відстанях транспортування (L_0) і висоти підйому гірничої маси (H) по величині енерговитрат може служити величина приведеної відстані транспортування:

$$L_n = L_0 + k \cdot H$$

де k - коефіцієнт, величина якого для автомобільного транспорту дорівнює 0,03, для залізничного - 0,22, для конвеєрного - 0,02.

Вплив енерговитрат, що змінюються з ростом глибини кар'єрів, продуктивності й собівартості транспортування досить великий.

Встановлено, що при збільшенні обсягів перевезень в 1,43 рази за рахунок зростання висоти підйому в 1,75 рази й відстані транспортування в 1,17 рази робота з підйому гірничої маси збільшується в 2,5 рази.

Уповільнення темпів зростання, а потім і зниження обсягів видобутку руди на більшості кар'єрів, систематичне відставання у проведенні розкривних робіт, зниження техніко-економічних показників, пов'язане з погіршення гірничотехнічних умов розробки родовищ при зростанні глибини кар'єрів свідчить про те, що транспортні системи, які сформувалися в процесі експлуатації, кар'єрів: відстали у своєму розвитку від темпів зниження гірничих робіт; не забезпечують раціональних умов експлуатації окремих видів транспорту; не відповідають масштабам і умовам проведення гірничих робіт в глибоких залізрудних кар'єрах уже на сучасному етапі їхнього розвитку, а тим більше на перспективу.

Цей важливий принциповий висновок підтверджується наступними фактами:

1. Біля половини кар'єрів великої глибини й продуктивності не досягли проектного рівня видобутку руди, і практично всі кар'єри мають значне відставання по розкривних роботах.

2. При невеликій глибині кар'єрів залізничний транспорт у своєму розвитку істотно відстає від темпів зниження гірничих робіт: так, тільки на ПівдГЗК залізничні колії введені до дна кар'єру, а на таких кар'єрах, як Інгулецький, кар'єри ЦГЗК, РУ «АрселорМіттал» й ін., - менш ніж на 50% загальної їхньої глибини, незважаючи на значні просторові розміри.

3. Велика частка комбінованого автомобільно-залізничного транспорту, що досягає на ряді кар'єрів (Першотравневий, кар'єри РУ «АрселорМіттал», ЦГЗКа й ін.) 50% і більше, що, по-перше, пов'язане з великими обсягами вторинних перевезень, по-друге, вимагає створення значних за розмірами площадок і використання на них додаткових екскаваторів.

4. Висота підйому гірничої маси автосамоскидами тільки в кар'єрах, не вважаючи відвалів і профілю автодоріг на поверхні, досягає на нижніх горизонтах таких кар'єрах, як кар'єри ЦГЗК, РУ «АрселорМіттал», Інгулецький, Першотравневий, 150-200 м, а на деяких і більше, хоча раціональне її значення перебуває в межах 80-100 м.

5. На більшості кар'єрів із залізничним транспортом шляховий розвиток недостатній, зовнішніх траншей майже немає, траншеї внутрішнього закладення обмежені по довжині, мають малі ухили, внутрішньокар'єрні з'їзди й навіть станція розташовані на робочих бортах, що перешкоджає нормальному просуванню фронту гірничих робіт і створює перешкоди в роботі в періоди їхній змушеного переносу.

6. Автомобільний транспорт експлуатується в неоптимальних умовах: занадто велика висота підйому гірничої маси від вибоїв до пунктів перевантаження, та й загальні обсяги вторинних перевезень не виправдано великі. Практично майже половина гірничої маси перевозиться по схемах комбінованого транспорту, двічі вантажиться в транспортні засоби. Це веде до використання додаткових навантажувальних і транспортних засобів і, природно, до додаткових витрат, а також змушує займати під

внутрішньокар'єрні перевантажувальні склади значні площі, що також вимагає або додаткового розносу бортів, або консервації частини запасів.

За останні роки відстань транспортування автосамоскидами до пунктів перевантаження гірничої маси на залізничний транспорт практично не збільшувалася й складає в середньому 2,5 км, при зростанні відстаней перевезень залізничним транспортом з 8,5 до 14,5 км.

Так, на кар'єрах ПівніГЗК питома вага перевезень залізничним транспортом з вибоїв знизився з 36% в 1990 р. до 21,88% в 2018 р., а середньозважена відстань перевезень автосамоскидами досягла майже 3,0 км.

Уже відзначається зниження частки циклічно-поточної технології й істотне збільшення обсягів перевезень автомобільним транспортом.

До числа причин тенденції збільшення частки автомобільного транспорту, крім суб'єктивних, відносяться й об'єктивні, викликані зростанням глибини кар'єрів:

- технологічні переваги при розкритті й розробці глибоких горизонтів кар'єрів;
- маневреність, можливість у короткий термін введення в експлуатацію при збільшенні або зниженні обсягів гірничих робіт;
- більш інтенсивний, у порівнянні з іншими видами транспорту, технічний прогрес у створенні нових машин і систем, їх технічного обслуговування й ремонтів.

На залізрудних кар'єрах України застосовується близько 20 моделей автосамоскидів вантажопідйомністю від 30 до 180 т з питомою потужністю двигунів від 1,71 кВт/т до 5,84 кВт/т. Найбільше поширення одержав автосамоскид моделі БЕЛАЗ-7513 вантажопідйомністю 130 т з питомою потужністю двигуна 5,01 кВт/т, що в основному відповідає технологічних умовам його застосування по місткості ковша екскаваторів у вибої, ухилам автодоріг 8% і середній відстані транспортування 2-2,5 км.

Показники продуктивності середньооблікового автосамоскида на різних підприємствах, які коливаються в значних межах, наведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2

**Продуктивність середньооблікового автосамоскида залежно
від відстані транспортування (2019 р.)**

ГЗК	Вантажо- підйом- ність, т	Відстань, км	Продуктивність на 1 т вантажопідйомності		Висота підйому, м	
			тис. т-км	тис. т	середня	макси- мальна
Північний	125,5	2,96	36,1	12,45	90	150
Центральний	116,3	2,75	25,16	9,15	75	200
Інгулецький	90,0	2,58	26,6	10,3	90	210
Південний	92,3	3,27	9,1	4,0	92,3	н.д.

Найважливішим показником ефективності застосування на кар'єрах автосамоскидів у схемах комбінованого транспорту є їхня продуктивність, що залежить не тільки від технічного стану й вантажопідйомності автосамоскиду, організації вантажно-транспортних робіт, стану доріг і систем технічного обслуговування й ремонту, але й від таких важливих технологічних параметрів, як відстань транспортування й висота підйому гірничої маси, які в сукупності визначають середньозважений ухил, що впливає, у свою чергу, на швидкість руху й витрати палива.

Таблиця 1.3

Потужність гірничотранспортного устаткування на кар'єрах України

Показник	Рік				
	1990	2000	2007	2009	2018
Місткість ковша середньооблікового екскаватора, м ³	7,7	8,3	8,94	9,08	9,12
Кількість екскаваторів з ковшами 10-15 м ³ у відсотках до загальної кількості екскаваторів	1,9	23,4	49,3	62,2	65,0
Середня вантажопідйомність середньооблікового автосамоскида, т	87,6	98,4	117,9	119,9	121,7
Кількість автосамоскидів вантажопідйомністю > 100 т у % до загальної їх кількості	69,1	74,3	84,1	84,5	85,0
Питома вага циклічно-поточної технології на видобутку залізної руди (%)	16,7	7,8	7,7	9,3	13,8

Якщо із середини до кінця XX сторіччя темпи росту вантажопідйомності автосамоскидів істотно відставали від технічних характеристик екскаваторів, то на теперішній час склалися прямо протилежні обставини: з 1990 по 2018 р. місткість ковша середньооблікового екскаватора на кар'єрах України збільшилася з 7,7 до 9,12 м³ тобто на 18%, а вантажопідйомність середньооблікового автосамоскида зросла з 87,6 до 121,7 т, тобто майже на 40%. Річна продуктивність автосамоскида збільшилася з 1980 тис. т-км в 1990 р. до 3839 тис. т-км в 2018 р., у тому числі на 1 т вантажопідйомності з 22,6 тис. т-км до 31,5 тис. т-км, тобто в 1,4 рази.

Це, на жаль, не привело до істотного зростання річної продуктивності екскаваторів: з 1090 тис. м³ в 1990 р. до 1132,9 тис. м³ в 2018 р., тобто всього на 4%, а на 1 м³ місткості ковша навіть знизилася з 141,5 тис. м³ на рік до 124,2 тис. м³, тобто приблизно на 10%.

Висновки до розділу

До числа найбільш актуальних проблем подальшого розвитку кар'єрного транспорту варто віднести:

1. Аналіз науково-методичної бази досліджень проблем кар'єрного транспорту й розробка нових методик, критеріїв оцінки ефективності його різних видів і технологічних схем застосування.
2. Дослідження перспектив розвитку відкритих гірничих розробок з метою уточнення умов формування й функціонування транспортних систем на довгострокову (15-20 років) перспективу.
3. Дослідження напрямків розвитку технічних засобів окремих видів транспорту, що відповідають вимогам ефективності та розробки нових принципів організації й управління транспортними процесами з використанням комп'ютерних технологій.

РОЗДІЛ 2

ПИТАННЯ КОМПЛЕКТАЦІЇ ВНУТРІШНЬОКАР'ЄРНИХ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ ПРИ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1 Комплексний підхід при виборі ефективних схем комбінованого транспорту на глибоких кар'єрах

Практика гірничих робіт в умовах глибоких кар'єрів спрямована на необхідність удосконалення існуючих гірничотransпортних внутрішньокar'єрних систем через кожні 7-10 років [21], а перенос перевантажувальних пунктів повинен здійснюватися через кожні 90-105 м [22].

При виборі нової гірничотransпортної схеми, як правило, будують складну динамічну економіко-математичну модель, що з позицій системного підходу описує найбільш істотні кількісні і якісні взаємозв'язки кар'єрного транспорту з гірничотехнічними умовами розробки родовища й параметрами кар'єру, вантажним, відвальним і дробильно-збагачувальним комплексами, вимогами ринку до спеціальних алгоритмів рішення такого завдання [19].

У таких умовах необхідно застосовувати системний підхід до рішення завдань вибору засобів внутрішньокar'єрного транспорту. Однак прогнозування змін умов гірничих робіт занадто складно або неможливо, особливо у випадку використання рідких або перспективних засобів транспорту. Тому гірничотransпортна система або її частина, за аналогією з основними принципами гірничої справи [24], повинна враховувати найважливіші умови: економічну, технологічну й екологічну.

Економічна умова вибору гірничотransпортної системи полягає в тім, що витрати на транспортування системою ($C_{\text{нов}}$) повинні бути менше, або рівнятися витратам на транспортування гірничої маси технікою, що застосовувалася раніше ($C_{\text{ст}}$):

$$C_{нов} \leq C_{ст} \quad (2.1)$$

$$C_{ст/нов} = f\left(Q, L, t_{ц}, v, G, Q_n, Q_e, Q_m, t_i, C_i, 3...A\right) \quad (2.2)$$

Економічна умова враховує техніко-економічні показники за певний період часу існування системи, серед яких продуктивність системи (Q), відстань транспортування (L), час циклу ($t_{ц}$), швидкість руху (v), вантажопідйомність (G), питома витрата палива (Q_n) електроенергії (Q_e), мастильних матеріалів (Q_m), строк придатності (t_i) і вартість (C_i) шин, конвеєрних стрічок, роликів, розмір заробітної плати (3), амортизації (A) і ін. Економічний ефект за цими умовами розраховується в такий спосіб:

$$E_e = C_{ст} - C_{нов} \quad (2.3)$$

Підходи до розрахунку економічної ефективності систем значною мірою відрізняються друг від друга залежно від застосовуваних засобів транспорту. Розрахунок параметрів систем з розповсюдженими засобами транспорту повинен відповідати вимогам норм технологічного проектування. При розрахунку параметрів системи з використанням малопоширених і перспективних засобів транспорту допускається враховувати тільки параметри, що змінюються.

Технологічна умова переходу на новий вид транспорту полягає в тому, що нова система повинна мати наступні параметри технологічного транспорту, які задовольняють умовам його експлуатації в глибинній зоні кар'єру, при чому обсяги виїмки порід розкриву при новій системі ($V_{нов}$, млн.м³) будуть не більше, ніж обсяг при продовженні роботи зі старої схеми ($V_{ст}$, млн.м³).

$$V_{нов} \leq V_{ст} \quad (2.4)$$

$$V_{ст/нов} = f(\alpha, l, R...i) \quad (2.5)$$

Технологічна умова враховує технологічні характеристики системи, серед яких ширина (a), довжина (la), радіус повороту транспортних засобів системи (R), ухил шляхів (i) і ін. Всі ці параметри впливають на необхідний

обсяг виїмки порід розкриву, що відбивається на витратах на виїмки порід розкриву. Економічний ефект по цій умові розраховується в такий спосіб:

$$E_m = C_{ст} \cdot V_{ст} - C_{нов} \cdot V_{нов} \quad (2.6)$$

Величину $C_{ст}$ допускається приймати згідно відомим статистичним даним підприємства, для якого ведеться розрахунок. У випадку відсутності статистичних даних приймається середньозважена величина. При розрахунку параметрів системи з використанням перспективного засобу транспорту й неможливості обґрунтування її економічною умовою, допускається розрахунок економічного ефекту по формулі:

$$E_m = C_{ст} \cdot (V_{ст} - V_{нов}).$$

Однак технологічні й економічні умови не враховують ступені впливу на навколишнє середовище. Екологічна умова пов'язана з декількома аспектами, серед яких обсяг викидів шкідливих газів, величина площі порушених земель, ступінь забруднення підземних вод і ін. Всі аспекти враховуються окремо й можуть бути виражені у витратах на виплати за нанесення шкоди навколишньому середовищу, або мати описовий характер.

Обсяг викиду шкідливих газів залежить від обсягів витрат пального, забруднення підземних вод і залежить від їхнього ступеня мінералізації, обсягів вироблених у просторі кар'єру й величини використаних водних ресурсів [25]. На площу земель, що порушується відкритими гірничими роботами, впливає обсяг виїмки порід розкриву й відстань від верхньої брівки борта кар'єру до границі земельного відводу, необхідна для проїзду гірничої техніки.

Всі три умови взаємозалежні (рис.2.1). Витрати на видобуток гірничої маси впливають на загальні витрати на видобуток корисної копалини. Додаткове порушення гірничого масиву приводить до порушення додаткових площ земель гірничими виробками й відвалами. За збиток навколишньому середовищу підприємство виплачує державі додаткові кошти, які враховуються в собівартості кінцевої продукції.



Рис.2.1. Зв'язок умов вибору схем внутрішньокар'єрного транспорту на глибоких кар'єрах

Як і раніше однієї із проблем ефективного застосування ЦПТ є досягнення проектної потужності дорогих конвеєрних підйомників (освоєння не перевищує 50-60%) зі скороченням обсягу розносу бортів у глибоких кар'єрах для розміщення перевантажувальних пунктів з автотранспорту на конвеєр і з конвеєра на залізничний транспорт.

Для гірничотранспортних систем виконаний порівняльний аналіз транспортних засобів комплексів ЦПТ і підйомно-транспортного устаткування комплексів ЦПТ для використання на крутих бортах глибоких кар'єрів. На основі проведеного аналізу, у розрізі розвитку питання комплектації внутрішньокар'єрних засобів транспорту при ЦПТ запропоновані методи систематизація таких транспортних засобів і систематизація підйомно-транспортного устаткування для їх використання на крутих бортах глибоких кар'єрів.

У систематизації транспортних засобів комплексів ЦПТ закладені наступні відмінні ознаки: характер роботи в часі, спосіб переміщення вантажів, радіус повороту, річний обсяг перевезень, раціональна відстань транспортування, раціональна глибина підйому вантажу з кар'єру,

максимальний розмір шматка породи, що транспортується, і інші основні необхідні характеристики й параметри.

2.2 Дослідження зміни витрат на транспортування гірничої маси зі збільшенням її відстані при поглибленні кар'єру

У загальному випадку відстань транспортування гірничої маси залізничним внутрішньокар'єрним транспортом розраховується по формулі:

$$L_k = \left[\frac{1000 \cdot H_r \cdot K_{r.d.r}}{i_r} + \left(\frac{H_r - H_{r.s}}{H_{r.l}} \right) (l_{tr} + l_{sb}) \right] \cdot 10^{-3}, км \quad (2.7)$$

де H_r – висота підйому гірничої маси залізничним транспортом, м; $K_{r.d.r}$ – коефіцієнт розвитку траси для залізничного транспорту (1,4...1,6); i_r – керівний ухил залізничної колії (30...50), ‰; $H_{r.s}$ – вертикальна відстань від поверхні землі до першої тупикової станції, м; $H_{r.l}$ – вертикальна відстань між сусідніми тупиковими станціями, м; l_{tr} – довжина поїзда, м; l_{sb} – довжина стрілочного переводу тупикової станції, м.

Відстань транспортування гірничої маси автосамоскидами:

$$L_a = \left(\frac{1000 \cdot H_a \cdot K_{r.d.a}}{i_a} - l_h \right) \cdot 10^{-3}, км \quad (2.8)$$

де H_a – висота підйому гірничої маси автосамоскидами, м; $K_{r.d.a}$ – коефіцієнт розвитку траси для автотранспорту (1,15...1,2); i_a – керівний кут ухилу автодороги (60...80), ‰; l_h – горизонтальна ділянка шляху, м.

Відстань транспортування гірничої маси конвеєрним підйомником:

$$L_s = \frac{H_s}{\sin \alpha_s} \cdot 10^{-3}, км$$

Витрати на транспортування 1 т гірничої маси розраховується по формулах:

$$C_r = L_r \cdot c_r; \quad (2.9)$$

У той же час, лінія тренда функції $C_r=f(H_r)$ майже збігається із $C_a=f(H_a)$, а самі функції кілька разів перетинаються в межах $H=150...200$ м. Це говорить про ефективність застосування залізничного транспорту у порівнянні з автомобільним на глибині до 150-200 м, що відповідає світовій і вітчизняній практиці їхньої експлуатації на глибоких залізрудних кар'єрах. Найбільш дешевим, виходячи з рис.2.3, є конвеєрний транспорт. Однак, для його використання повинна бути споруджена конвеєрна галерея на неробочому борті кар'єру.

2.3 Обґрунтування ефективних схем комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту на глибоких кар'єрах

При використанні автомобільного транспорту гірнича маса після навантаження переміщається уздовж фронту робіт до транспортного виходу з уступу. При цьому можливий тупиковий фронт, при якому рух транспортних засобів здійснюється у зворотному напрямку (рис.2.4, а). На уступі існує тільки один загальний транспортний вихід для подачі порожніх і навантажених автосамоскидів. Такий фронт характеризується робочими площадками з мінімальною шириною (40-50 м).

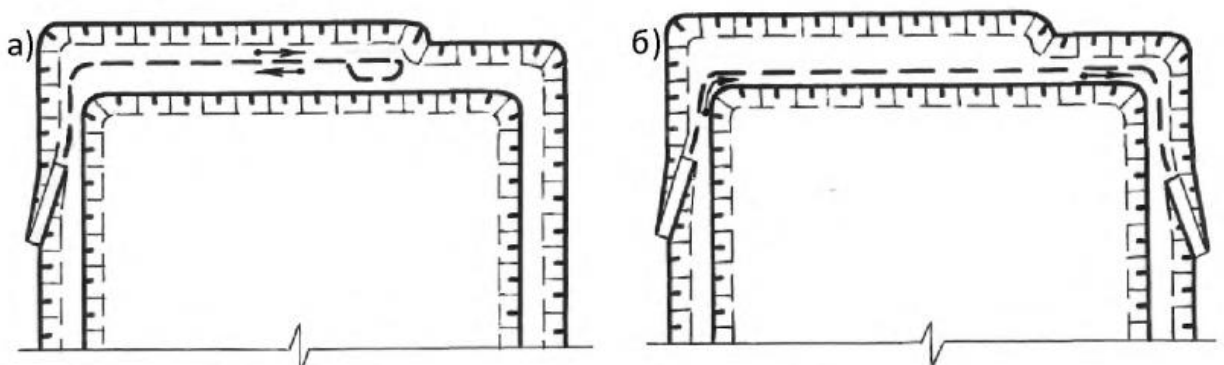


Рис.2.4.Схеми переміщення гірничої маси на уступі: а - тупиковий фронт; б - наскрізний фронт

Тупиковий фронт гірничих робіт на уступі - це фронт зі зворотним рухом транспорту, з одним загальним транспортним виходом для подачі порожніх транспортних засобів і видачі вантажів.

Наскрізний фронт забезпечує потоковий рух транспорту, при якому на уступі експлуатують два й більше спеціалізованих транспортних виходи - окремо для подачі порожніх і навантажених машин для переміщення гірничої маси (рис.2.4, б). Такий фронт отримав найбільше використання при автомобільному транспорті на невеликих кар'єрах [6].

У таких умовах доцільної є схема внутрішньокар'єрного транспорту з півльовим розворотом автосамоскидів і фронтом робіт з відпрацьовуванням уступів поперечними панелями (рис.2.5).

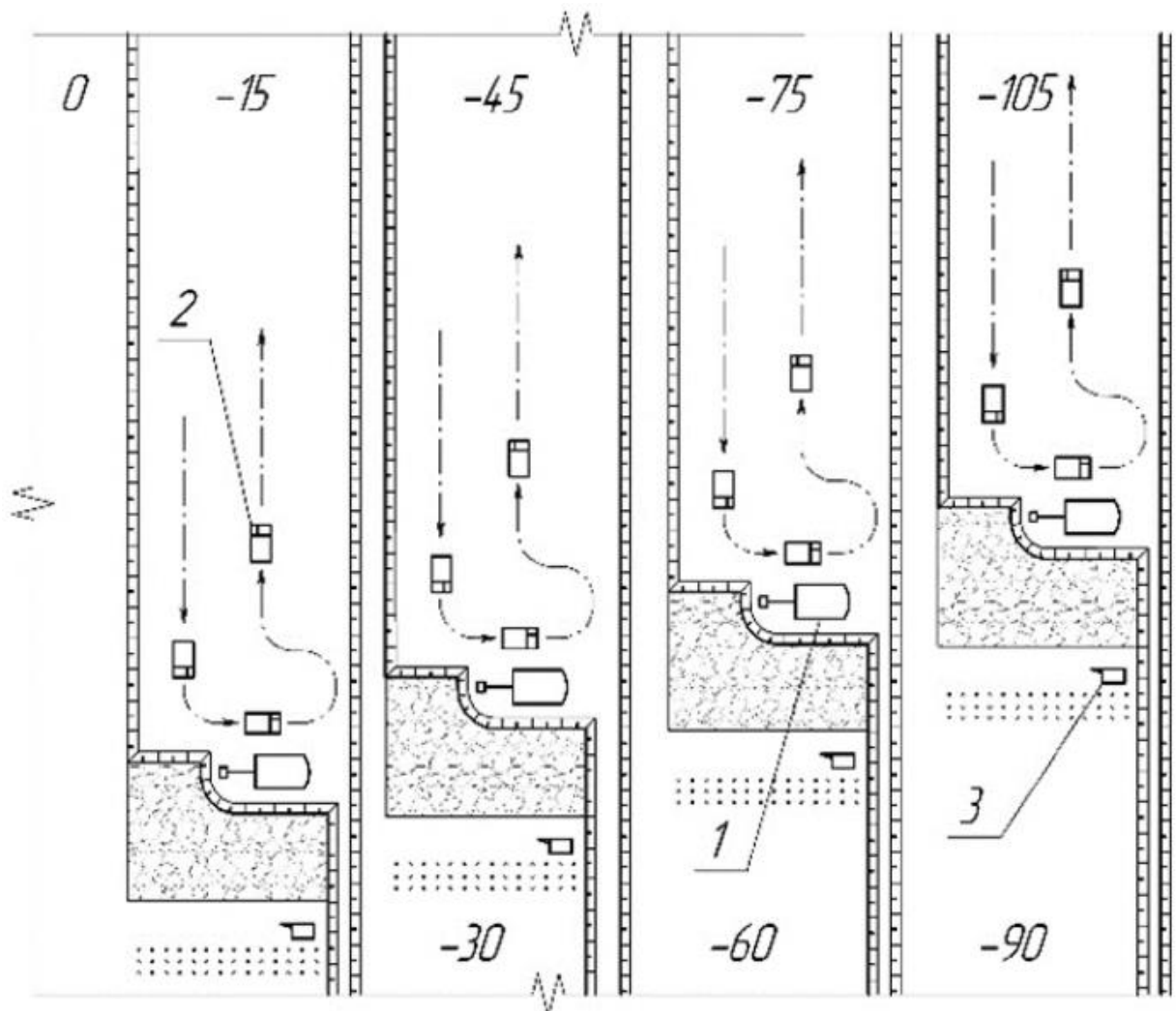


Рис.2.5. Технологія відпрацьовування уступів поперечними панелями з півльовою схемою подачі автосамоскидів під навантаження

Наскрізний фронт гірничих робіт на уступі - це фронт із наскрізним рухом транспорту, має два спеціалізованих транспортних виходи: окремо для подачі порожніх транспортних засобів, окремо для видачі вантажів [24].

У порівнянні з тупиковим розворотом автосамоскидів при застосуванні технології відпрацьовування уступів поздовжніми панелями, перехід на їхні відпрацьовування поперечними панелями з пітльовим розворотом автосамоскидів на навантаження дозволить збільшити продуктивність екскаваторів на 25-30%, що поряд зі зменшенням розносу бортів кар'єру компенсує інтенсивність розкриття рудного покладу зверху вниз у межах круто похилих шарів.

В умовах глибоких кар'єрів широке поширення одержав автомобільно-конвеєрний транспорт, сутність схем якого полягає в тім, що гірнича маса автосамоскидом транспортується з вибою на концентраційний горизонт, на якому встановлений бункер-перевантажувач із дробаркою великого дроблення. Після чого автосамоскид розвантажує гірничу масу в бункер, та після дроблення попадає на похилий конвеєр, встановлений у підземній галереї, по якому далі транспортується на поверхню [9].

Час циклу розвантаження в бункер при тупиковому розвороті з врахуванням часу на маневрові операції становить 1,2-2,8 хвилини залежно від вантажопідйомності автосамоскида [67]. Близько 45% цього часу доводиться на маневрові операції, пов'язані з тупиковим розворотом автосамоскида (рис.2.6, а). Крім того, спорудження нових перевантажувальних пунктів через їхні значні габарити в плані пов'язане з додатковим рознесенням бортів кар'єру. Зменшення цього часу пов'язане із впровадженням схем транспортування, що включають розвантаження автосамоскидів з їхнім наскрізним проїздом над прийомним отвором бункера (рис.2.6, б).

Дослідження транспортних схем показало (рис.2.7), що найбільш ефективною з погляду енергозбереження є схема з наскрізним фронтом робіт і наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні в бункер [6].

Найбільший ефект досягається для висоти підйому гірничої маси до 45 м. Найменш ефективною є схема з тупиковим фронтом робіт і тупиковим розворотом автосамоскидів при розвантаженні.

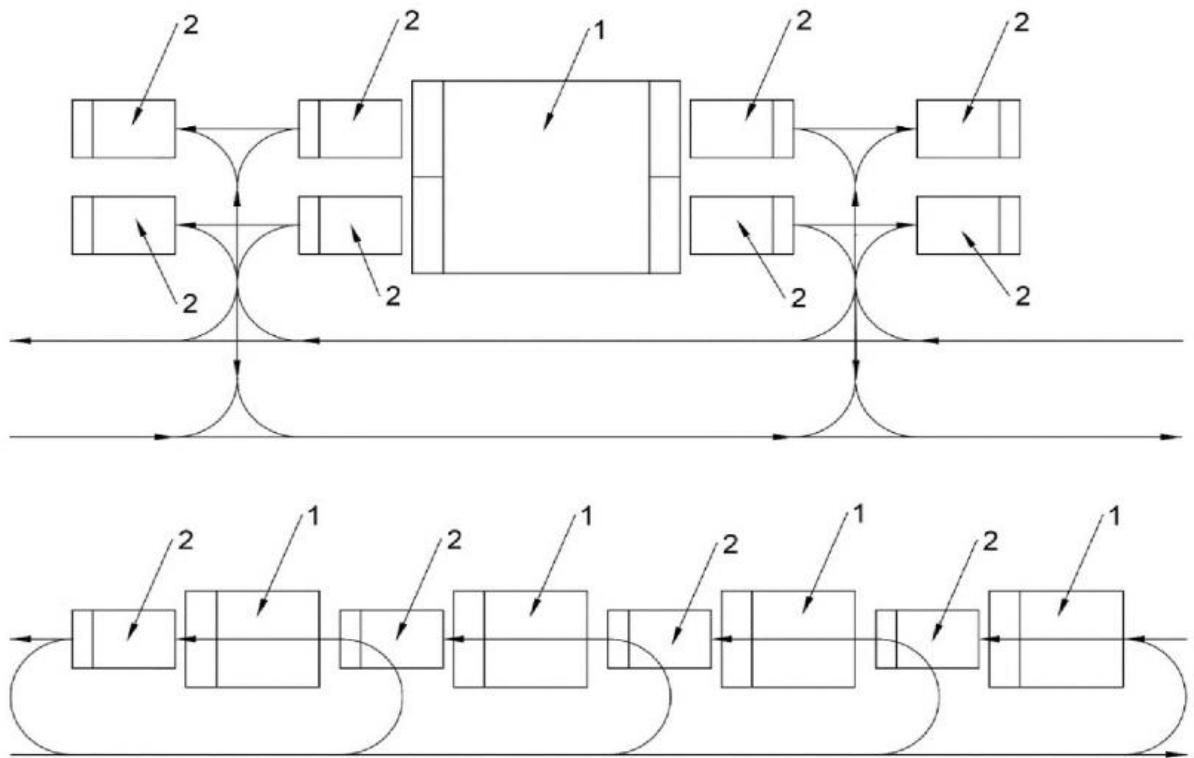


Рис.2.6. Схеми розвантаження гірської маси автосамоскидами (2) у бункер (1) при тупиковому розвороті для розвантаження (а) і наскрізному проїзді над бункером (б)

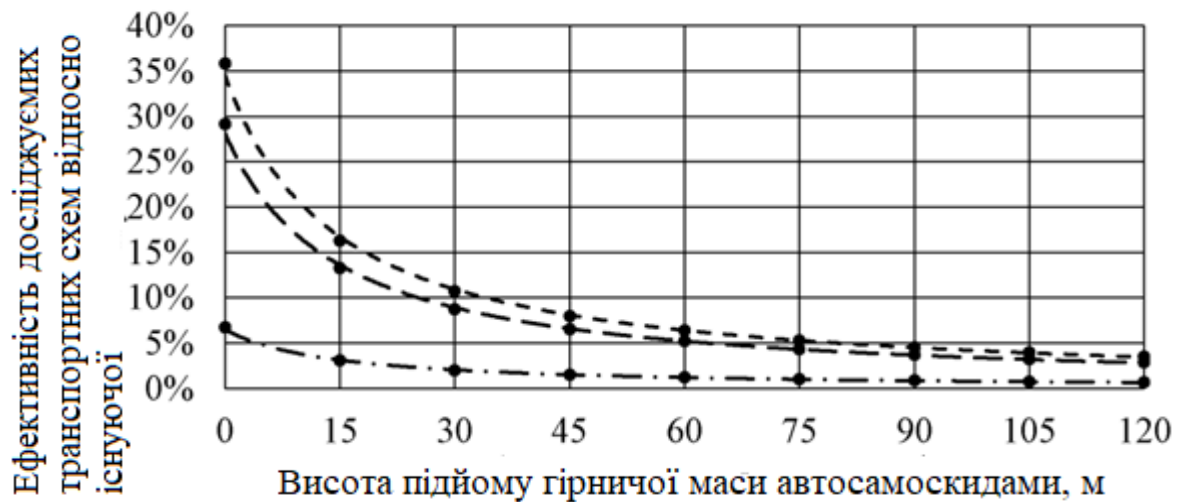


Рис.2.7. Динаміка зниження ефективності досліджуваних транспортних схем щодо існуючої

з наскрізним фронтом і тупиковим розвантаженням в бункер (•••••),
 з тупиковим фронтом і наскрізним проїздом над бункером (— — —),
 з наскрізним фронтом і наскрізним проїздом над бункером (-----)

Ефективність запропонованих схем зростає з ростом річного обсягу перевезень (рис.2.8). Річна економія витрат на дизельне паливо і мастильні

матеріали становить 3,5-190 тис. USD залежно від схеми транспорту й виробничої потужності [94].

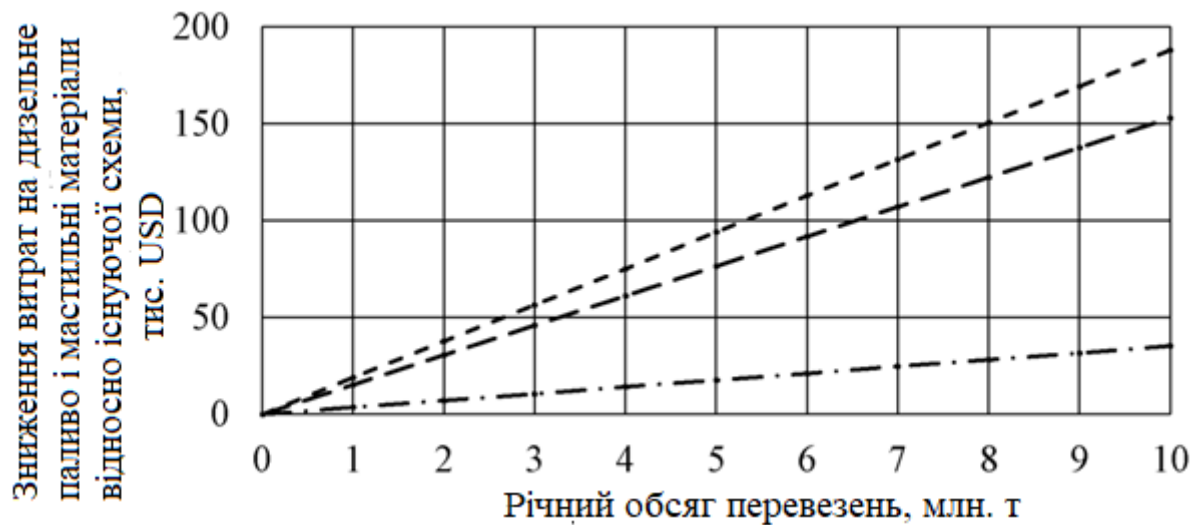


Рис.2.8. Динаміка росту ефективності досліджуваних транспортних схем щодо існуючої

з наскрізним фронтом і тупиковим розвантаженням в бункер (____),
 з тупиковим фронтом і наскрізним проїздом над бункером (_ _ _ _),
 з наскрізним фронтом і наскрізним проїздом над бункером (-----)

Спорудження нових перевантажувальних пунктів через їхні значні габарити в плані пов'язане з додатковим рознесенням бортів кар'єру. Особливо гостро це питання стоїть в умовах кар'єрів глибиною 300-400 м. Так, мінімальна ширина площадки уступу, на якому розміщений перевантажувальний пункт (рис.2.9):

$$III_{y1} = z + b + 2y + 2a + 3R + x + c, \text{ м} \quad (2.12)$$

де: z - ширина призми можливого обвалення, м (3-5 м); b - ширина захисного вала, м (1,5-3 м); y - ширина узбіччя дороги (1-1,5 м); a - ширина автосамоскида, м (3,8-9,7 м); R - радіус повороту автосамоскида, м (8,7-19,8 м); x - безпечна відстань між кузовами зустрічних автосамоскидів, м (2-3 м); c - безпечну відстань між бункером і нижній брівці уступу, м (5 м).

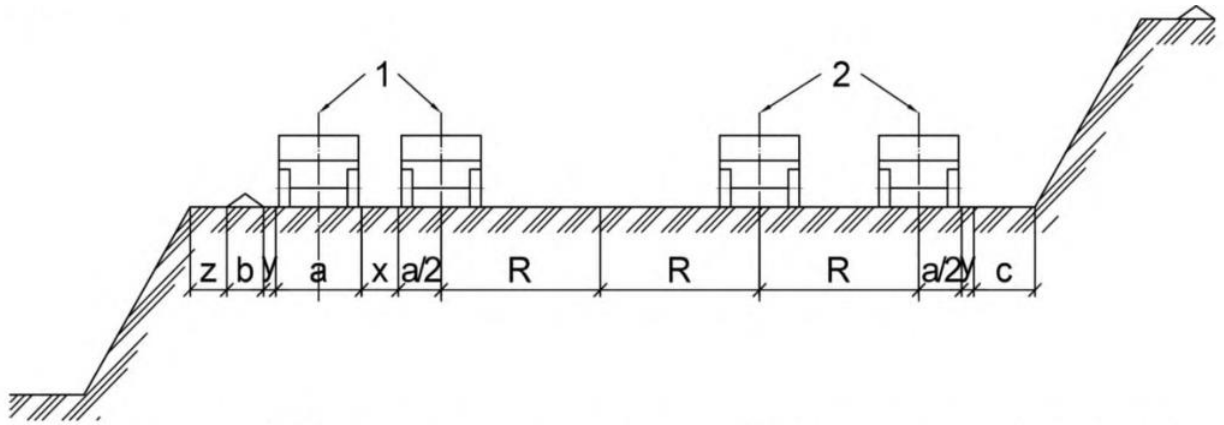


Рис.2.9. Схема до розрахунку ширини перевантажувального пункту при тупиковому розвороті автосамоскидів

Таким чином, ширина площадки уступу при тупиковому розвороті (рис.2.15) для розвантаження автосамоскидів становить 47,2-97,8 м. Однак при наскрізному проїзді (рис.2.10) автосамоскидів над бункером ширина площадки уступу значно зменшиться й складе 24-48,5 м. Її величина обчислюється по формулі:

$$Ш_{y2} = z + b + 2y + a + R_n + c, \text{ м} \quad (2.13)$$

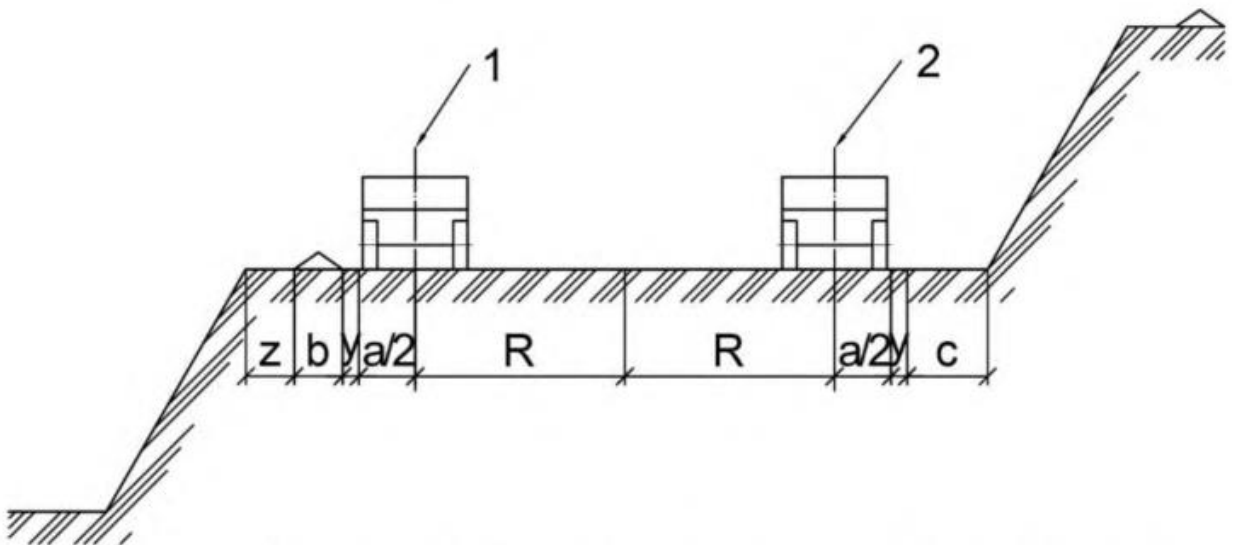


Рис.2.10. Схема до розрахунку ширини перевантажувального пункту при наскрізному проїзді автосамоскидів

При спорудженні перевантажувального пункту з наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером на глибині 300 м можливо зменшити обсяг

виїмки гірничих порід на 2,7-5,7 млн.м³, на глибині 400 м на 3,5-7,5 млн.м³. Відомо, що видобуток 1 м³ гірничої маси коштує приблизно 4 USD [8]. Тоді з точки зору видобутку гірничих порід економія від впровадження запропонованого рішення складе 10-30 млн. USD [Ю].

Існує ряд конструктивних рішень, які дозволяють автосамоскидам розвантажувати гірничу масу без необхідності в маневрових операціях. Вони полягають у підйомі проїзних плит над бункером за рахунок гідравлічних, рейкових, шарнірно-важільних і інших механізмів. В умовах відкритої розробки залізрудних родовищ при річній продуктивності транспортного комплексу по гірничій масі 10 млн. т, витрати часу на маневрові операції становить 1040-3045 годин за рік залежно від вантажопідйомності автосамоскида, а витрата палива досягають 94-204 тис. л. У такий спосіб річна економія від впровадження технологічного транспорту з використанням перевантажувальних пунктів з наскрізним проїздом над прийомним отвором бункера складе 32,1-72,3 млн.грн. тільки на дизельне паливо.

Висновки до розділу:

1. Встановлено, що для запобігання простоїв гірничотранспортного устаткування, при переході на автомобільно-конвеєрний транспорт, необхідно в першу чергу ліквідацію целіків під тупиковими станціями й перевантажувальними пунктами проводити з можливістю руху міжступного перевантажувача, після чого виконати інтенсивну доробку целіків на ділянці будівництва нової транспортної установки.

2. Отримано залежності витрат на транспортування гірничої маси автомобільним, залізничним і конвеєрним транспортом від висоти її підйому, а також капітальних і поточних витрат і металоємності від кута нахилу й висоти підйому конвеєрного транспорту.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОТРАНСПОРТОМ В ГЛИБОКИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ

3.1 Вплив глибини кар'єру на вибір типу і вантажопідйомності автотранспортного засобу для перевезення гірничої маси

Вибір оптимальної вантажопідйомності кар'єрних автосамоскидів для транспортування гірничої маси є багатофакторним завданням, яке залежить від геологічних, технологічних та економічних умов видобутку корисних копалин. Глибина кар'єру є вирішальним фактором, що безпосередньо впливає на довжину транспортного маршруту, висоту підйому породи та витрати енергії на її перевезення. При визначенні необхідної вантажопідйомності, окрім глибини кар'єру, необхідно враховувати ще такі фактори як:

- властивості перевезеної породи, які впливають на вантажопідйомність та характеристики конструкції кузова транспортного засобу;
- стан кар'єрної дороги, який визначає опір коченню та швидкість транспортування;
- надійність та термін служби обладнання, яке має забезпечувати стабільну роботу за інтенсивної експлуатації та несприятливих погодних умов.

Процеси відкритого видобутку корисних копалин поділяються на перервні та безперервні. У перервних гірничих системах екскаватори та самоскиди є вирішальне значення, утворюючи повноцінну систему завантаження та транспортування. Ефективність усього технологічного ланцюга безпосередньо залежить від стабільності роботи цього навантажувально-транспортного комплексу. Зі збільшенням глибини

видобутку також збільшується відстань транспортування породи та висота її підйому. Це неминуче призводить до збільшення тривалості всього робочого циклу автосамоскида (включаючи завантаження, переміщення, розвантаження та повернення до місця завантаження). Це значно збільшує витрати палива та навантаження на двигун, що вимагає потужнішого та продуктивнішого обладнання з підвищеними динамічними характеристиками. Глибокий характер кар'єрів вимагає транспортного обладнання значних тяглових зусиль для подолання затяжних підйомів. Тому для цих умов необхідні самоскиди, оснащені потужними двигунами, здатними стабільно працювати під великими навантаженнями та на уклонах до 10-12%.



Рис.3.1. Навантажувально-транспортний комплекс залізорудного кар'єру

Сучасні кар'єрні самоскиди випускаються в широкому діапазоні вантажопідйомності, від 25 тонн до 450 тонн. З точки зору економічної ефективності, використання автосамоскидів з важкою та надвеликою вантажопідйомністю у глибоких кар'єрах є економічно доцільною. Хоча експлуатаційні витрати при цьому вищі, більші транспортні засоби можуть скоротити кількість рейсів та знизити вартість тонни перевезеної породи. Таким чином збільшення вантажопідйомності автосамоскидів допомагає

підвищити їх продуктивність, зберігаючи або навіть зменшуючи транспортні витрати. В той же час, теоретично доведено що, на транспортних операціях в глибоких кар'єрах доцільно використовувати самоскиди з меншою вантажопідйомністю, щоб зменшити розширення бічних бортів. Це слід враховувати при виборі типів самоскидів для глибоких кар'єрів. Оптимальне поєднання самоскидів та екскаваторів досягається коли кузов вантажівки, заповнений за 4-6 ковшів, та один екскаватор завантажує від п'яти до семи самоскидів. Це співвідношення базується на практичному досвіді та перевірено економічними розрахунками. На теперішній час екскаватори з місткістю ковша 8-12 кубічних метрів використовуються на нижчих горизонтах у глибоких кар'єрах і найкращим обладнанням для роботи з ними є самоскид вантажопідйомністю 130-180 тонн.

Очікуваний термін служби самоскида зазвичай становить вісім років, але фактичний термін служби транспортного засобу сильно залежить від стану технологічних доріг. Нерівні дорожні покриття, вибоїни та пошкодження доріг призводять до збільшення динамічних навантажень, прискореного зносу шин та компонентів підвіски, а також збільшення витрат палива.

Кар'єрні дороги використовуються для транспортування важких матеріалів та корисних копалин і є важливою частиною кар'єрної інфраструктури. Якісне дорожнє будівництво є важливим для забезпечення стабільності та безпеки транспортного процесу.

Будь-які нерівності, вибоїни або просідання дорожнього покриття створюватимуть ударні навантаження на автосамоскиди, особливо при повному завантаженні на швидкості до 60 км/год. Недотримання правил побудови кар'єрних доріг, або порушення правил їх експлуатації може суттєво впливати на працездатність технологічного автотранспорту, знижувати продуктивність всього гірничо-видобувного підприємства в цілому. Наслідки навантаження на автосамоскиди в процесі їх експлуатації

по кар'єрним дорогам особливо проявляються в пошкодженнях шин (рис.3.2).

Тому під час проектування та будівництва доріг необхідно приділяти особливу увагу забезпеченню міцності земляного полотна, дренажу та регулярному обслуговуванню дорожнього покриття. Ключові вимоги включають:

- поздовжній ухил не більше 10‰;
- поперечний ухил не більше 2‰ для забезпечення ефективного відводу води;
- забезпечення надійних кюветів та дренажних систем;
- підтримка достатньої ширини дороги: для одно смугових доріг зазвичай потрібна ширина щонайменше трьох автосамоскидів, а для двох смугових – щонайменше ширини від 3,5 до 4 автосамоскидів.

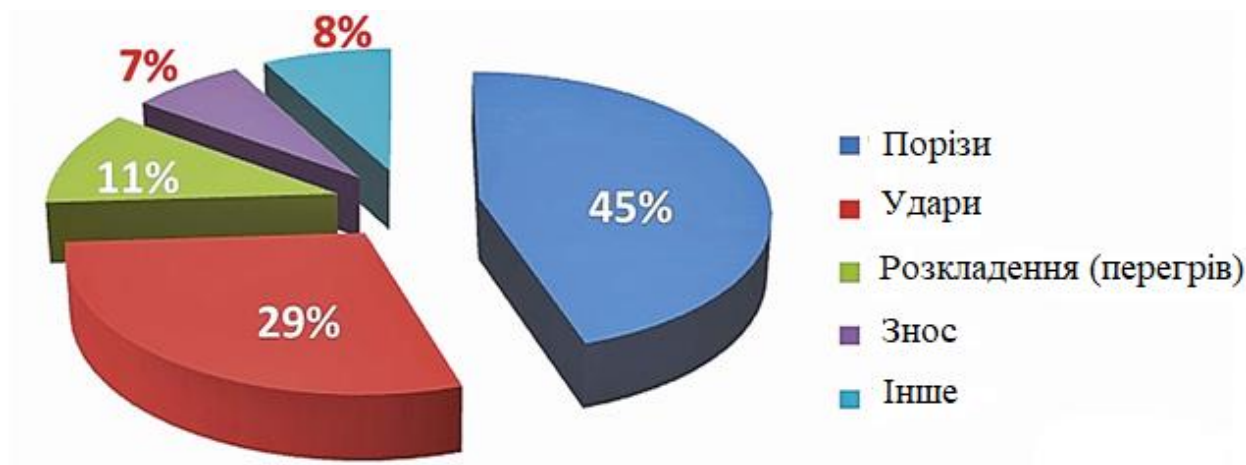


Рис.3.2. Аналіз причин пошкодження шин автосамоскидів

Недотримання цих вимог призведе до збільшення опору коченню, прискореного зносу обладнання та збільшення транспортних витрат.

Опір коченню безпосередньо впливає на ефективність транспортування та експлуатацію обладнання. Навіть зменшення опору на 0,5% може скоротити транспортний цикл на 1-1,5 хвилини. Наприклад, зменшення опору коченню з 2% до 1,5% для 130-тонного самоскида може збільшити його продуктивність приблизно на 21 тонну на годину. Це дорівнює

збільшенню річного обсягу перевезень понад 2 мільйони тонн за ту саму кількість рейсів.

І навпаки, збільшення опору коченню через погані дорожні умови або надмірно глибоке занурення протектори шин в полотно дороги збільшуються витрати палива, скорочується термін служби шин та підвіски, а також збільшує витрати на технічне обслуговування самоскида.



Рис.3.3. Облаштована технологічна дорога в кар'єрі

Кар'єрні дороги повинні бути спроектовані для цілорічного використання, зберігаючи свою несучу здатність навіть за несприятливих погодних умов. Основні завдання з утримання доріг - забезпечення стійкості дороги, надійного дренажу та запобігання просіданню ґрунту.

До цього передбачається:

- укладання дренажних шарів та регулярне очищення кюветів;
- зміцнення схилів та узбіч для запобігання ерозії;
- регулярне профілювання дорожнього полотна для усунення дефектів.

Поздовжній профіль дороги має бути максимально рівним, з ухилом, що не перевищує 10-12‰, щоб уникнути перевантаження транспортної та гальмівної систем автосамоскидів. Для автосамоскидів, обладнаних електричною трансмісією з приводом від мотор-колеса конструкція автодороги повинна включати горизонтальні ділянки для охолодження двигунів.

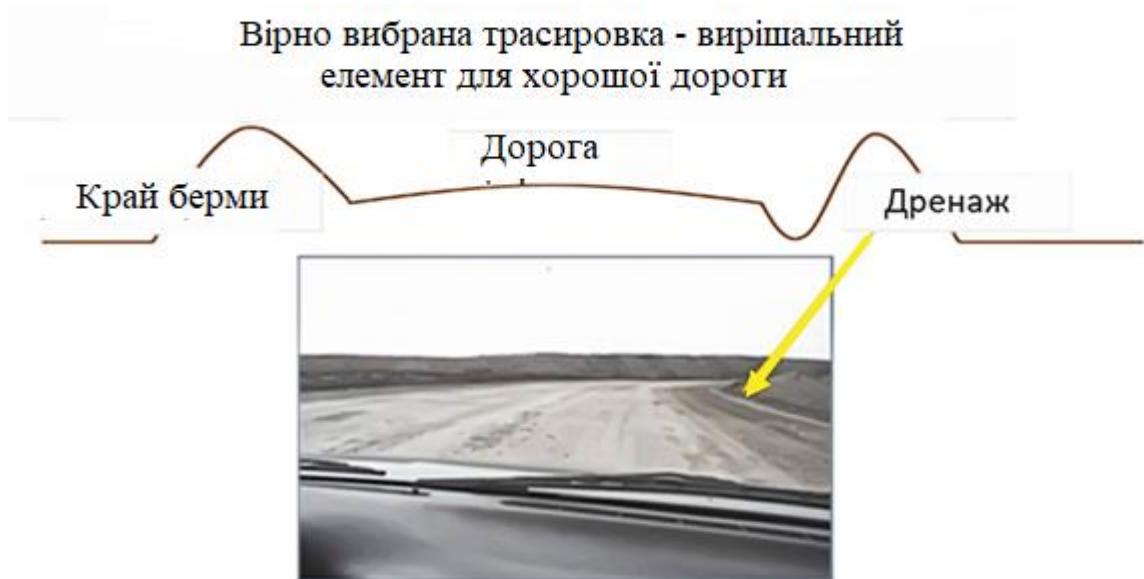


Рис.3.4. Дренаж технологічних автодоріг

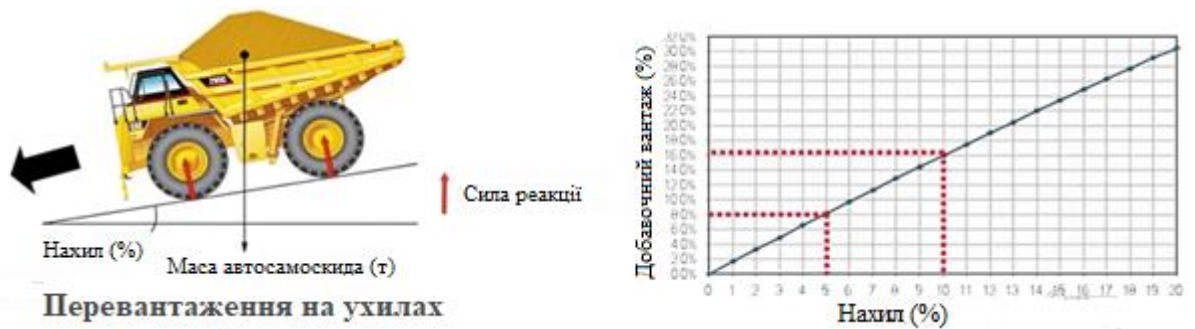


Рис.3.5. Перерозподіл навантаження автосамоскиду на ухилах

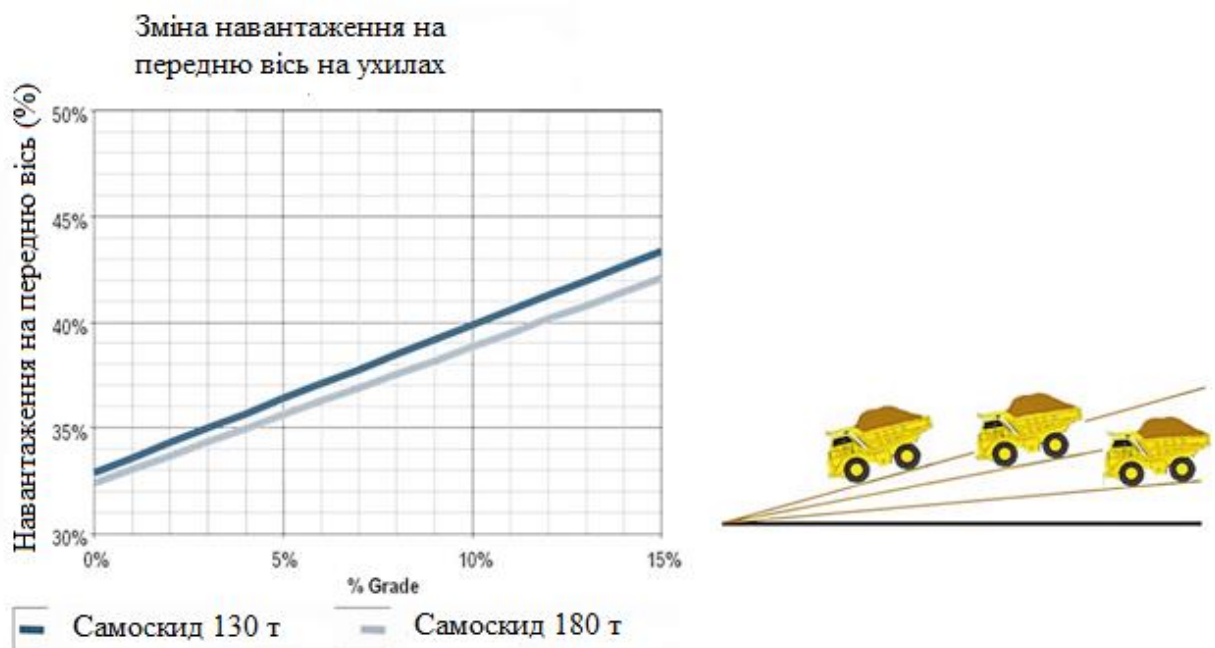


Рис.3.6. Зміна навантаження на передню вісь самоскиду при спуску

Сучасні кар'єрні автосамоскиди в основному поділяються на дві категорії:

1. Шарнірно-з'єднані автосамоскиди – спеціально розроблені для роботи на кам'янистій місцевості та пухкому ґрунті; вантажопідйомність до 40 тонн.

2. Автосамоскиди з жорсткою рамою – які використовуються для транспортування великої кількості вийнятої породи з кар'єрів; вантажопідйомність до 450 тонн.



Рис.3.7. Автосамоскид вантажопідйомністю 130 т на з кар'єрі

Вибір типу кузова автосамоскида залежить від характеристик гірничих порід, що він транспортує.

– двосхилі кузови з V-подібним днищем запобігають налипанню липких порід, забезпечуючи стійкість транспортного засобу.



Рис.3.8. Двосхилі кузови

– кузови з плоским дном використовуються для транспортування твердих порід не схильних до налипання.

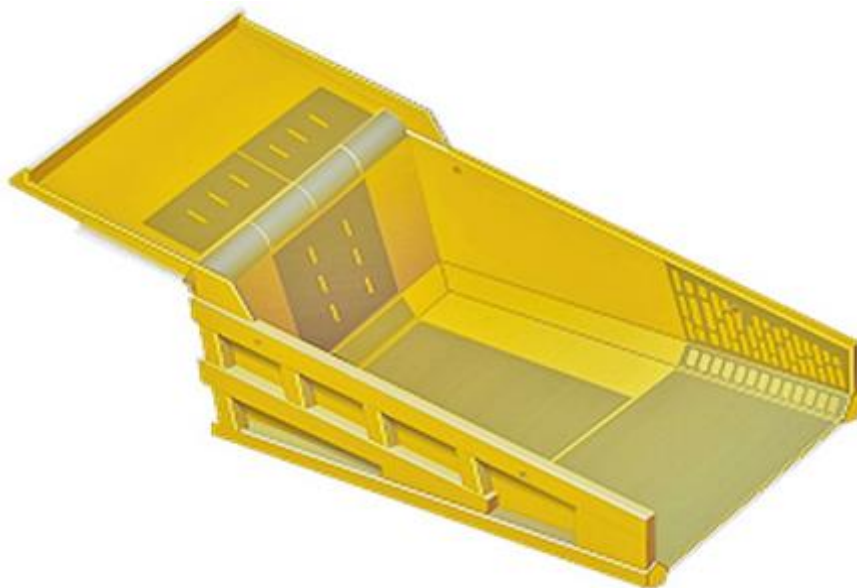


Рис.3.9. Кузови с плоским дном

– спеціальні кузови, оснащені зносостійкими, змінними накладками, що використовуються для транспортування абразивних порід.

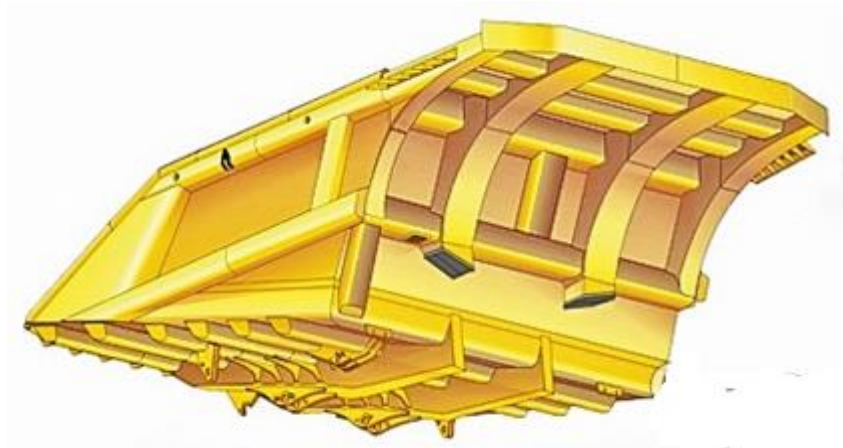


Рис.3.10. Спеціальні з зносостійкою футеровкою

– високопродуктивні кузова легші та мають закруглене днище, що зменшує ударні навантаження та збільшує корисне навантаження без збільшення загальної ваги транспортного засобу.

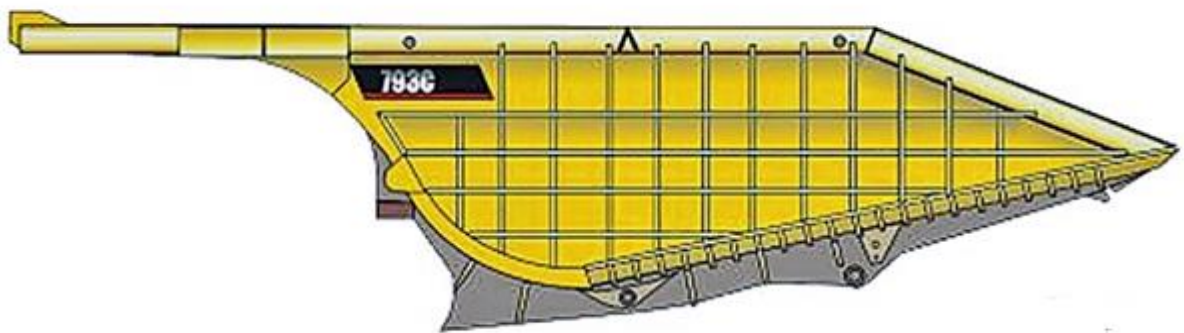


Рис.3.11. Кузови з підвищеною продуктивністю

При експлуатації автосамоскидів на їх несучу конструкцію впливають фактори, які викликають перевантаження однієї з осей або однієї сторони. Один з таких факторів - перевантаження передньої осі через завантаження породи в кузов над кабіною. Таке завантаження веде до перевантаження передньої осі й сильно підвищують зношування шин як на передній осі, так і на задній внаслідок її розвантаження і втрати зчеплення з дорогою ведучих коліс.



Рис.3.12. Основні правила завантаження кар'єрного автосамоскида

Інша неприпустима ситуація - це нерівна площадка вибою. У такому вибої самоскид може тільки стояти з колісьми, що перебувають не на одному рівні. А це означає, що рама згинається, перекручується й кожне колесо несе навантаження, відмінне від інших коліс. Вибій повинен завжди мати вирівняну площадку для стоянки самоскида й екскаватора. Адже навіть для екскаватора розташування на нерівній площадці означає нерівномірний розподіл навантажень на несучу конструкцію. Для всіх вузлів несучої конструкції самоскида така ситуація ще більш небезпечна.



Рис.3.13. Нерівна стоянка самоскида в забої

Для самоскида зміщений вантаж означає знову ж таки ненормативне навантаження на раму, на осі й на колеса з усіма наслідками перевантаження тієї сторони, у напрямку якої переміщений вантаж.



Рис.3.14. Вантаж розміщений зі зміщенням від центру

Рекомендації з перевантаження самоскидів

90% завантаження в цій зоні

Не більше 10% вантажів вище 110% номінальної вантажопідйомності

Ні якого вантажу важче 120% вантажопідйомності самоскиду



Рис.3.15. Рекомендації по завантаженню кар'єрних автосамоскидів

Самоскиди вантажопідйомністю до 60 тонн зазвичай оснащені дизельним двигуном та механічною коробкою передач. Важкі самоскиди мають дизельно-електричний привід, при цьому тяговий двигун встановлений у двигуні маточини колеса. Така конструкція забезпечує плавний рух та підвищує надійність на крутих схилах.

Перехід на повністю електричні самоскиди, що живляться від акумуляторів, є перспективним напрямком. Однак основними недоліками сьогодні залишаються велика вага та низька енергетична ємність акумуляторів. Джерело живлення, необхідне для однієї зміни повного навантаження (12 годин), наразі незрівнянне з масовим виробництвом промислових джерел живлення.

Ефективність систем транспортування кар'єрів залежить від різних факторів: глибини кар'єру, стану під'їзних шляхів, типу ґрунту, конструкції самоскида та організації його технічного обслуговування.

Правильне поєднання цих факторів може:

- підвищити ефективність транспортування;
- знизити експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- збільшити час безвідмовної роботи обладнання;
- забезпечити безпеку та стійкість усієї гірничодобувної промисловості.

У довгостроковій перспективі розвиток технології транспортування кар'єрів буде тісно пов'язаний з удосконаленням конструкції самоскидів, зниженням їх ваги, впровадженням гібридних та електричних приводних систем та подальшою автоматизацією транспортних процесів.

3.2 Удосконалення конструкції автосамоскидів для роботи в глибоких кар'єрах

Розвиток гірничих робіт на глибоких горизонтах залізорудних кар'єрів супроводжується ускладненням транспортних умов. При збільшенні глибини розробки кути нахилу бортів зростають, що приводить до скорочення ширини й довжини автомобільних доріг. Такі зміни трас викликають поява тривалих позовжніх ухилів і зменшення радіусів криволінійних ділянок. У результаті відбувається зниження експлуатаційної швидкості руху кар'єрних

автосамоскидів, утрудняється пересування великогабаритної техніки й падає її продуктивність.

Ключовим фактором, що визначає ефективність транспортування гірничої маси в даних умовах, є конструктивно-технічні характеристики застосованих автосамоскидів. Сучасні моделі кар'єрного автомобільного транспорту, представлені на світовому ринку, універсальні по своїй конструкції й, як правило, не передбачають спеціалізованих систем для експлуатації на екстремальній глибині кар'єрів. Отже, рішення визначених проблем може бути досягнуто тільки за рахунок модифікації існуючих машин і підвищення їхньої адаптивності до складних умов експлуатації.

З метою підвищення ефективності транспортних операцій науковими співробітниками ДВНЗ «Національний гірничий університет» спільно з фахівцями Інституту геотехнічної механіки ім. Н. С. Полякова НАН України розроблений механізм зміни положення центра мас і міжосьової відстані для кар'єрних автосамоскидів великої вантажопідйомності типу БЕЛАЗ із електромеханічною трансмісією. Конструкція створена на основі комплексу теоретичних досліджень і експериментальних випробувань і призначена для розширення експлуатаційних можливостей техніки в умовах глибоких горизонтів залізрудних кар'єрів [1].

Розроблений механізм (рис. 3.16) представляє собою систему, що дозволяє змінювати позовжнє положення заднього мосту щодо рами автосамоскида, здійснюючи тим самим регулювання положення центру мас і міжосьової відстані.

Основними вузлами пристрою є:

- задній ведучий міст із вбудованими тяговими електродвигунами (1);
- напрямні полозки (2), що забезпечують переміщення повзуна (3);
- рухомий повзун із встановленими в кінцевих отворах тілами кочення (10);
- пружні елементи, що демпфірують (11);

– гідравлічні циліндри, що забезпечують певне розташування мосту й повзуна (6,7).

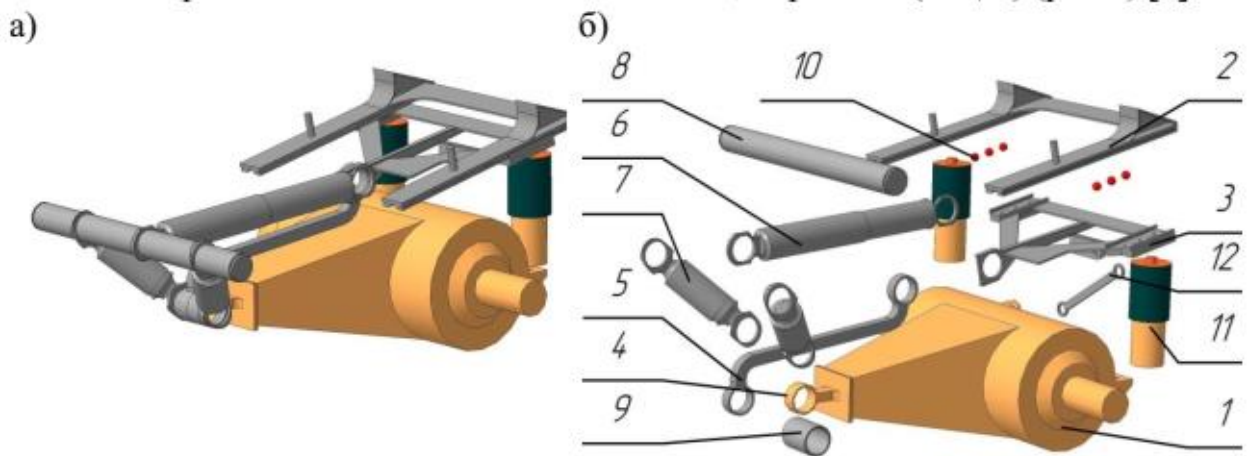


Рис.3.16. Конструктивна схема навісного обладнання, для задніх мостів кар'єрного автосамоскида: а) у зборі; б) розгорнута:

Така конструкція забезпечує:

- автоматичний перерозподіл навантажень від завантаженого в кузов вантажу за рахунок системи тіл кочення;
- зменшення динамічного впливу на елементи рами внаслідок зниження центра ваги;
- підвищення кінематичної рухливості підвіски;
- скорочення тривалості транспортного циклу за рахунок зростання середньотехнічної швидкості й поліпшення умов руху на ухилах.

Універсальність і технологічна простота механізму дозволяють застосовувати його на автосамоскидах великої й надвеликої вантажопідйомності, що працюють у складних умовах глибоких кар'єрів. Застосування такої системи дозволяє зберегти стійкість і необхідну силу тяги на підйом при русі в стиснутих умовах по кар'єрних дорогах.

Принцип роботи навісного обладнання заснований на тім, що при завантаженні машини маса гірничої породи викликає переміщення заднього мосту в крайню точку ходу повзуна. Це приводить до зниження центра ваги й збільшенню стійкості автосамоскида на трасі. Функція центрування також

забезпечує стабілізацію поперечної стійкості автосамоскида, що дозволяє більш раціонально вибрати швидкісний режим його руху.

Розміщення механізму на рамі кар'єрного автосамоскида БЕЛАЗ 7513 показано на рис.3.17.



Рис.3.17. Механізм зміни центра мас на рамі автосамоскида - вид ззаду

Аналіз робочих станів транспорту (порожнє, навантажене; рух на підйом або спуск) дозволив виділити технологічні етапи роботи механізму при різних варіантах експлуатації кар'єрного автосамоскида (мал. 3.18).

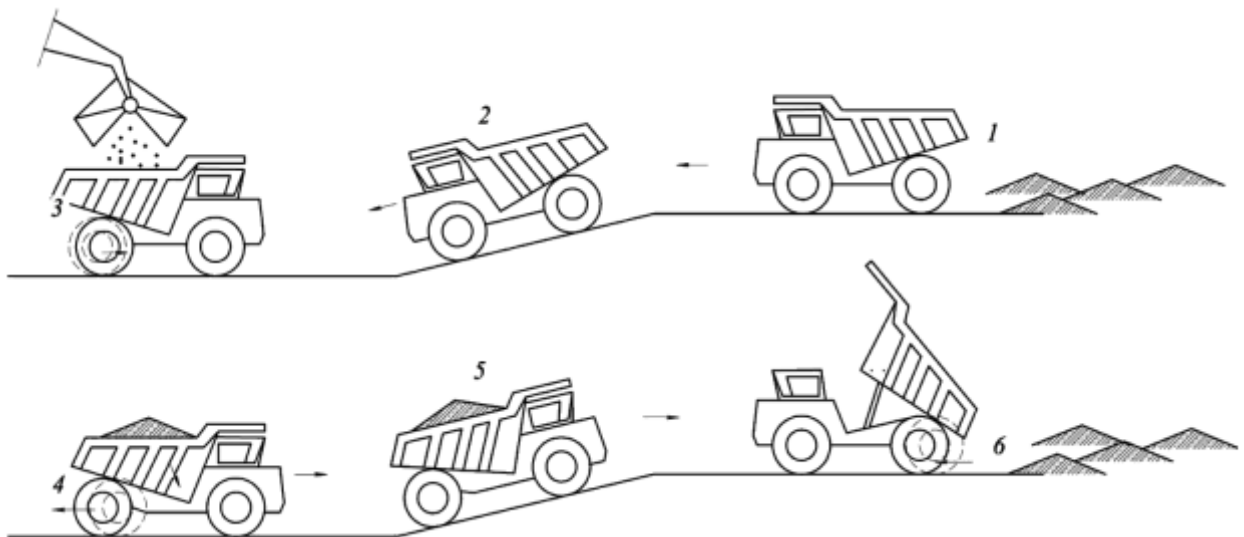


Рис.3.18. Технологічна схема робочого процесу транспортування гірничої маси вдосконаленим автосамоскидом

Порожній і навантажений автосамоскид пересувається по прямолінійних ділянках у звичайному стані (1,4).

Регулювання міжосьової відстані потрібно:

1. Шляхом її зменшення:

– при русі по малих радіусах кривизни на горизонтальних ділянках - для скорочення радіуса повороту (2);

– при маневруванні на місцях навантаження й розвантаження - для зменшення розмірів робочих площадок (3,6).

2. Шляхом її збільшення:

– при русі навантаженого автосамоскида на підйом - для збільшення тягового зусилля й поліпшення подолання ухилів (5).

Таким чином, коректування міжосьової відстані забезпечує раціональне використання технічних можливостей машини, оптимізацію геометрії трас, скоротивши ширину автодоріг на криволінійних ділянках за рахунок зменшення радіуса розвороту та збільшити кут ухилу кар'єрних доріг і скоротити їхню довжина або збільшити можливу висоту підйому гірничої маси.

Технічними характеристиками автосамоскида БЕЛАЗ 7513 заводом-виготовлювачем визначений радіус його повороту й розвороту. На підставі досвідів встановлено, що при зменшенні міжосьової відстані радіус повороту також зменшується, а при збільшенні міжосьової відстані збільшується й радіус повороту.

На рис.3.19 показані результати таких випробувань, коли при русі по криволінійній ділянці дороги, де радіус повороту автосамоскида БЕЛАЗ 7513 по технічних характеристиках - 13,0-13,3 м, при зменшенні міжосьової відстані на 0,9 м він зменшується до 10,0 м, а при збільшенні на 0,6 м - збільшується до 14,4 м. Максимально можлива зміна міжосьової відстані для БЕЛАЗ 7513 дорівнює 1,5 м, при цьому радіус повороту змінюється від 10,0 до 14,4 м.

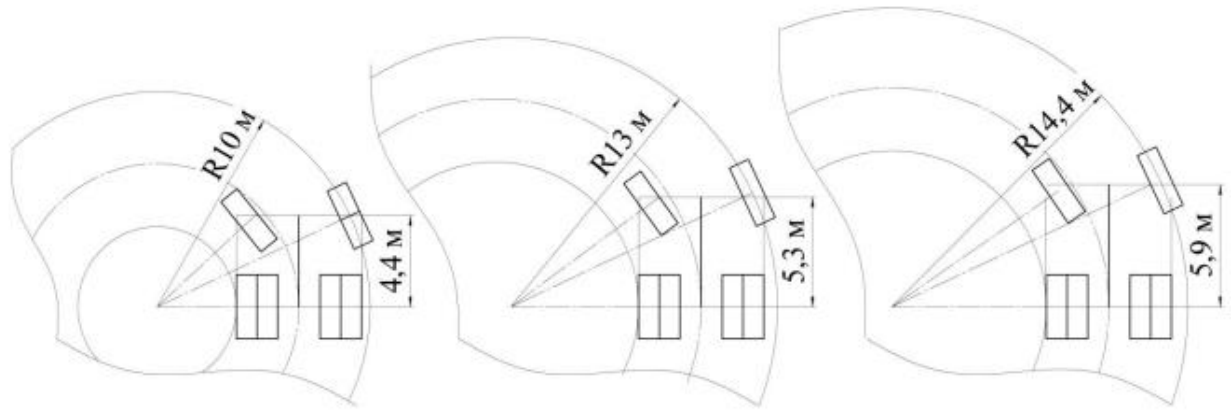


Рис.3.19. Розрахунково-конструктивна схема повороту під час руху вдосконаленого автосамоскида: а - скорочена міжосьова відстань, б - нормальний стан, в - збільшену міжосьову відстань

Величина радіуса розвороту автосамоскида при регулюванні за допомогою зміною центру мас міжосьової відстані визначається по формулі

$$R = a \cdot \ln l + b \quad (3.1)$$

де R - радіус розвороту автосамоскида;

a, b - коефіцієнти, обумовлені конструкцією машини (для БЕЛАЗ 7513: $a = 1,71, b = 12,08$);

l - міжосьова відстань.

Змінюючи міжосьову відстань кар'єрного автосамоскида, можна значно скоротити розміри площадок під навантаженням або розвантаженням й для виконання операцій розвороту.

Використання механізму зміни центра мас забезпечує підвищення тягового зусилля на 11-25 %, що дозволяє полегшити подолання ухилів автодоріг. У теперішній час нормативні значення поздовжніх ухилів на залізничних кар'єрах становлять 100-120 %. Застосування модифікованого автотранспорту дає можливість збільшити їх в 2-3 рази.

На підставі аналізу тягових характеристик розраховані рекомендовані ухили для глибоких горизонтів кар'єру (табл.3.1).

Збільшення ухилів доріг зменшує довжину транспортування гірничої маси автосамоскидами.

Таблиця 3.1

Рекомендовані ухили поздовжніх доріг за критерієм сили тяги автосамоскида

Поздовжні ухили автомобільних доріг на глибоких горизонтах кар'єру, ‰		Сила тяги автосамоскида		
проектні	рекомендовані	збільшення сили тяги від проектного кута, ‰	при проектному ухилі i , Ft, кН	при рекомендованому ухилі i , Ft, кН
70	87,5	25	160	200
80	98,48	23,1	180	221,58
90	109,26	21,4	200	242,8
100	119,7	19,7	220	263,34
110	129,8	18	240	283,2
120	139,56	16,3	260	302,38
130	148,98	14,6	280	320,88
140	158,06	12,9	300	338,7
150	166,8	11,2	320	355,84

Оскільки довжина транспортування гірничої маси обмежується умовами безпечного руху автотранспорту на підйом (без перегріву двигуна), те скорочення довжини транспортування дозволить збільшити висоту її підйому до перевантажувального пункту, тобто можна буде поглиблювати кар'єр без переносу перевантажувального пункту на нижні горизонти.

Раціональна висота підйому гірничої маси автосамоскидами із змінюваним центром мас визначається з вираження

$$H_n = \frac{L_0 \cdot i}{\frac{l_r \cdot i}{h_e}} \quad (3.2)$$

де L_0 - загальна довжина транспортування гірничої маси;

i - усереднений поздовжній ухил автодороги;

l_r - довжина одиничної горизонтальної ділянки дороги між ділянками підйому, обґрунтована виходячи з безпеки руху автосамоскида;

h_e - висота, на яку може підняти вантаж автосамоскид без горизонтальної вставки, м.

Як показують результати розрахунків (рис.3.20), збільшення ухилів удвічі веде до зростання раціональної висоти підйому приблизно в 1,5 рази, що дозволяє поглиблювати кар'єр без переносу перевантажувального пункту за рахунок скорочення довжини транспортування.

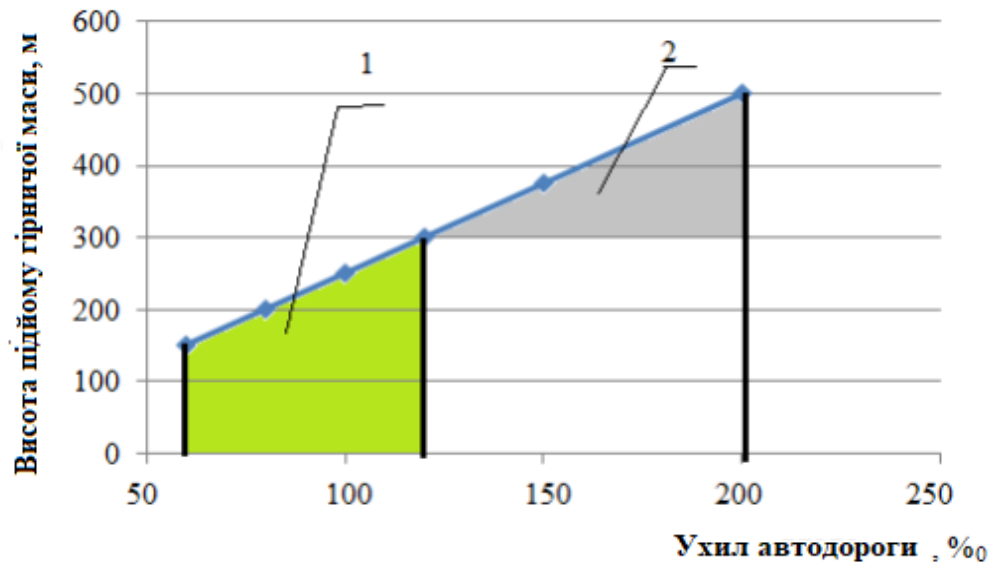


Рис.3.20. Залежність раціональної висоти транспортування гірничої маси при існуючих ухилах доріг (1) і збільшених (2) для довжини транспортування 3,0 км.

Застосування автосамоскидів із змінюваним центром мас дозволяє зменшити радіус розвороту, що, скорочує необхідну ширину дороги (рис.3.21).

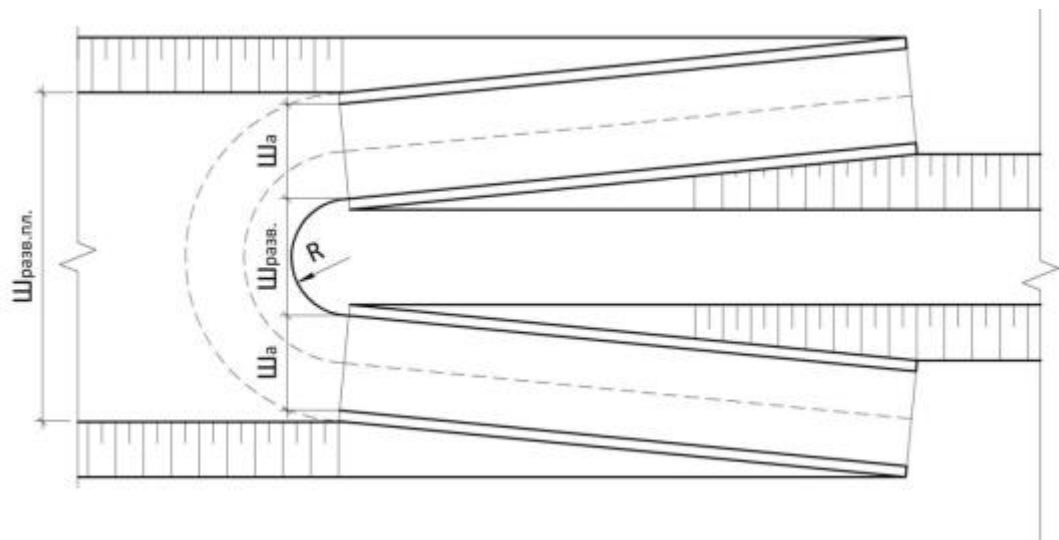


Рис.3.21. Схема внутрішньокар'єрної площадки для розвороту автосамоскидів

Ширина площадки для розміщення петлі повороту дороги визначається з вираження

$$Ш_{раз.пл} = 2 \cdot Ш_a + Ш_{разв} \quad (3.3)$$

де $Ш_{раз.пл}$ - ширина площадки для розміщення петлі повороту дороги, м;
 $Ш_a$ - ширина проїзної частини автодороги, м;
 $Ш_{разв}$ - ширина криволінійної ділянки, обумовлена радіусом розвороту автосамоскида, м.

Зменшити ширини площадки для розміщення петлі повороту дороги можливо за рахунок зменшення її основних параметрів: ширини проїзної частини й криволінійної ділянки.

Ширина проїзної частини дороги визначається конструктивними параметрами автосамоскида, кількістю смуг руху й розмірами берм безпеки.

$$Ш_{a.д} = 2 \cdot (a + y) + x \quad (3.4)$$

де a - ширина автосамоскида, м;

x - ширина між кузовами зустрічних автосамоскидів, м, визначається з вираження $x = 2y$;

y - ширина узбіч, м, визначається з вираження

$$y = 0,5 + 0,05 v,$$

де v - швидкість руху автомобіля, км/год.

Таким чином, ширина проїзної частини прямо пропорційно залежить від ширини автосамоскида й швидкості його руху

Для БЕЛАЗ 7513 ширина проїзної частини повинна відповідати значенням табл. 3.2 і графікові на рис.3.22.

Швидкість руху автосамоскида в кар'єрі визначається конфігурацією дороги й умовами безпеки. На криволінійних ділянках швидкість руху залежить від конструктивного радіуса повороту автосамоскида (рис.3.23).

Таблиця 3.2

Ширина проїзної частини при одній та двох смугах руху

Параметри поперечного профілю	Значення параметрів для доріг категорії											
	І-к				ІІ-к				ІІІ-к		ІVк	
	за умови розташування автодороги на глибині кар'єру, м											
	до 50	50 - 100	100 - 200	більше 200	до 50	50 - 100	100 - 200	більше 200	до 50	50 - 100	більше 100	будь-яка глибина
Кількість смуг руху	2	2	2	2	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Ширина проїзної частини, м для автомобіля шириною, м												
6,4	25, 0	22, 5	20, 0	19, 0	24, 0/ 9,0	22, 0/ 9,0	19, 5/ 9,0	18, 5/ 9,0	23, 0/ 8,5	20, 0/ 8,5	18, 0/ 8,5	17, 0/ 8,5
7,8	31, 0	29, 0	25, 0	24, 0	30, 0/ 10, 5	28, 0/ 10, 5	24, 5/ 10, 5	23, 5/ 10, 5	29, 0/ 10, 0	26, 0/ 10, 0	23, 0/ 10, 0	21, 5/ 10, 0

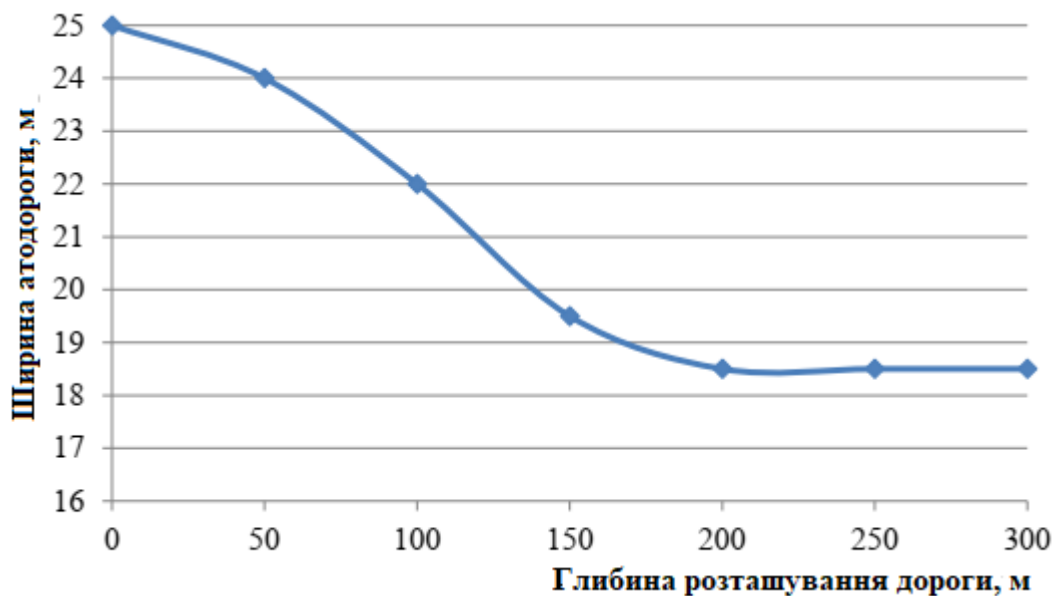


Рис.3.22. Ширина проїзної частини залежно від глибини розташування автодороги

Таким чином, пропонується ширина автодороги для БЕЛАЗ 7513 із змінюваним центром мас, що прилягає до кругових ділянок і серпантину, прийняти рівної 18,0-18,5 м.

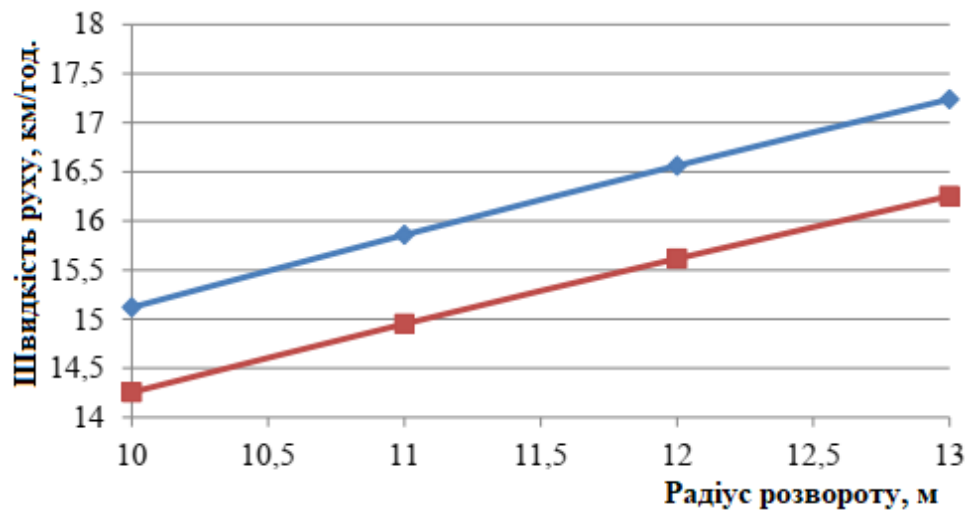


Рис.3.23. Залежність швидкості руху від радіуса повороту автосамоскида

При цьому ширина площадки для розміщення петлі повороту дороги при різних радіусах повороту буде дорівнює значенням, наведеним у табл.3.3.

Таблиця 3.3

Розрахунок ширини площадки для розвороту автосамоскида

Ширина проїзної частини, м	Водовідвідні спорудження, м	Огороджуючий вал, м	Ширина берми безпеки, м	Радіус розвороту автосамоскида, м	Ширина круговий кривої	Ширина площадки для розвороту автомобілів, м
18,5	2,5	4	3	13	26	72,5
18,5	2,5	4	3	12	24	70,5
18,5	2,5	4	3	11	22	68,5
18,5	2,5	4	3	10	20	66,%

Таким чином, ширина площадки для розміщення петлі повороту дороги може бути зменшена на 6 м, що становить 8,2 %. Відповідно до планів гірничих робіт у межах робочого борта кар'єру застосовують у середньому від 2-3 до 5-6 пітльових з'їздів.

Використання сучасної техніки у внутрішньокар'єрному просторі дозволяє:

- збільшувати поздовжні ухили автодоріг до 200 % і висоту підйому гірничої маси до 200 м;
- скоротити довжину транспортування до 40 %;
- зменшити число й розміри пітльових з'їздів;
- збільшити кут ухилу неробочого борта й знизити обсяг розкривних робіт.

Сумарний економічний ефект оцінюється в 280,6 млн грн.

Висновки до розділу:

1. Основними параметрами кар'єрних автосамоскидів є вантажопідйомність, потужність двигуна, обсяг кузова, колісна формула, сила тяги й мінімальний радіус повороту. Радіус повороту й можлива сила тяги обумовлюються величиною міжосьової відстані й для автосамоскидів певної конструкції є величинами постійними. Таким чином, змінюючи міжосьову відстань можна регулювати можливу силу тяги й радіус розвороту автосамоскида.

2. Запропонована конструкція механізму зміни положення центра мас і міжосьової відстані (МЦМ) автосамоскида дозволяє:

- при збільшенні міжосьової відстані автосамоскида типу БЕЛАЗ 7513 збільшити силу тяги на 11-25 % і подоланий ухил в 2-3 рази, а при русі по дорозі з ухилом 70% значно знижується потрібна сила тяги, що дозволить більш економічно витрачати дизельне паливо;
- при зменшенні міжосьової відстані автосамоскида на 0,2 м зменшити радіус його розвороту на 1,1 м; максимально можлива зміна міжосьової відстані для БЕЛАЗ-7513 дорівнює 1,5 м, при цьому радіус повороту змінюється на 4,4 м;

- збільшити поздовжній ухил внутрішньокар'єрних автодоріг з 120 до 200 ‰ що дозволить збільшити висоту підйому гірської маси на 200 м або скоротити довжину транспортування до 40%;

- скоротити радіус розвороту автосамоскида й кількість транспортних берм (за рахунок збільшення ухилу автодоріг), що у свою чергу приводить до збільшення кута укосу неробочого борта кар'єру й скороченню обсягу розкривних робіт для розкриття законсервованих під транспортними комунікаціями запасів. Це дозволяє збільшити площу готових до виїмки запасів і продовжити строк експлуатації кар'єру.

3. Наведені рекомендації до розрахунку параметрів систем розробки при використанні для транспортування гірничої маси автосамоскидів із МЦМ, можуть бути застосовані для визначення параметрів розробки глибоких горизонтів кар'єрів, що забезпечить позитивну економічну ефективність і збільшення тривалості експлуатації кар'єрів.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРНОГО АВТОТРАНСПОРТУ

4.1 Організація роботи технологічного автомобільного транспорту в кар'єрах

Обов'язкові перевірки під'їзних шляхів до екскаваторів, перевантажувальних пунктів та відвалів повинні проводитися на початку та в кінці кожної зміни. Ця робота є обов'язком гірничого майстра та дорожнього майстра. Після перевірок вони подають звіт про стан доріг та готовність обладнання до роботи.

Розподіл автосамоскидів здійснюється на основі заявки, яку начальник кар'єру. Головний інженер або гірничий майстер передають диспетчеру гірничотранспортного цеху. Диспетчер записує інформацію у спеціальному журналі, зазначаючи посаду та ім'я відповідальної особи.

Після отримання заявки диспетчер у співпраці з механіком з випуску відправляє самоскид гірничому майстру, який потім організовує його роботу в межах кар'єру. У шляховому листі буде зазначено номер екскаватора, місце розвантаження та орієнтовний час повернення транспортного засобу до гаража.

Гірничий майстер відповідає за виконанням всіх заходів безпеки, передбачених в паспортах для всіх перевантажувальних пунктів або відвалів. Вантажно-розвантажувальні роботи можуть проводитися лише у відведених зонах. Будь-які зміни місць завантаження та розвантаження фіксуються в шляховому листі автосамоскиду.

Під час роботи в кар'єрі водії самоскидів повинні суворо виконувати вказівки гірничого майстра та не можуть залишати своїх робочих місць або

змінювати маршрути руху. Самовільний перехід від одного екскаватора до іншого без дозволу заборонений.

Будівництво кар'єрних доріг повинно відповідати вимогам технологічного проектування гірничодобувного підприємства. Земляне полотно дороги повинно складатися з твердого ґрунту.

Тимчасові заїзди в траншеї повинні бути побудовані таким чином, щоб забезпечити прохід транспортних засобів з вільним місцем не менше 1,5 метра. Для доріг зі значним ухилом (більше 0,06) допускається будівництво площадок з ухилом не більше 0,02 та довжиною не менше 50 метрів через кожні 600 метрів ухилу. Необхідність таких платформ залежить від проекту та визначається на основі експлуатаційних характеристик самоскидів, що використовуються, та рекомендацій виробника техніки.

В особливо вузьких умовах у межах внутрішньо відвальних та відвальних доріг плановий радіус кривих на дорозі може бути встановлений не менше ніж у два рази більше проектного радіусу розвороту транспортного засобу (виходячи з діаметра зовнішнього переднього колеса).

Дороги в межах контуру кар'єру (за винятком ступінчастих доріг) повинні відповідати чинним нормам. Висоту породного валу необхідно приймати з розрахунку, щоб внутрішня бровка вала була поза призмою падіння порід.

Взимку дороги необхідно регулярно очищати від снігу та льоду та покривати піском, шлаком та дрібним гравієм. Дозволяється хімічна обробка від льоду.

Будівництво та використання доріг, пандусів тощо, не зазначених у плані гірничих робіт або транспортування, заборонено.

Вночі всі робочі зони — майданчики завантаження та розвантаження, повороти, канави та внутрішні дороги — повинні бути освітлені. Для освітлення кар'єру рекомендується використовувати ксенонові лампи ДКСТ-20000. Освітлення має відповідати відповідним стандартам (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Норми освітлення при роботі в кар'єрі

Об'єкти кар'єру	Найменша освітленість, лк	Площина, в якій нормується освітленість
Місця роботи машин в кар'єрі	5	Горизонтальна
	10	Вертикальна
Місця розвантаження машин	3	Горизонтальна
Кабіни машин і механізмів	30	Горизонтальна на висоті 0,8 м від підлоги
Автомобільні дороги в межах кар'єру (в залежності від інтенсивності руху)	0,5 - 3	Горизонтальна

Майданчики розвантаження повинні розташовуватися за призмами, де можливий обвал порід, а їх розміри повинні визначатися відділом маркшейдерської служби кар'єру та повідомлятися всім працівникам. Дороги в межах кар'єру повинні бути захищені земляними насипами або підпірними стінами висотою не менше 1 метра для запобігання обвалу.

На монолітних уступах без насипів захисні огорожі слід встановлювати на відстані не менше 1 метра від краю уступів.

Обмеження швидкості та правила дорожнього руху для автомобілів та інших транспортних засобів на кар'єрних дорогах визначаються керівництвом кар'єру на основі місцевих умов, якості доріг та стану транспортних засобів.

Транспортні засоби повинні рухатися з постійною швидкістю на кар'єрних дорогах, а обгін заборонено. За певних обставин обгін може бути дозволено з дозволу національного департаменту гірничої справи та промислового управління, коли в межах кар'єру використовуються транспортні засоби з різною швидкістю.

На постійних залізничних коліях у кар'єрі слід передбачати звичайні залізничні переїзди. На тимчасових залізничних коліях залізничні переїзди повинні відповідати наступним вимогам: ширина, що дорівнює ширині дороги, але для транспортних засобів, що перевозять вантажі понад 50 тонн, ширина для руху в один бік повинна бути не менше 4 метрів, а ширина для

руху в два боки - не менше 7 метрів; горизонтальні платформи (з ухилом не більше 1%) повинні бути передбачені з обох боків на відстані 5 метрів від зовнішньої рейки; ухил переїзду не повинен перевищувати 5%; шлагбауми повинні бути безперервними; незахищені залізничні переїзди повинні бути обладнані автоматичною сигналізацією переїзду, а захищені залізничні переїзди - системами освітлення та зв'язку.

Обмеження швидкості та правила дорожнього руху на кар'єрних дорогах повинні встановлюватися на основі місцевих умов, рекомендацій виробника та консультацій між керівництвом кар'єру та транспортними підрозділами (відділами). Рух повинен регулюватися відповідно до знаків, зазначених у Правилах дорожнього руху. Розміри знаків можуть бути збільшені пропорційно. Дорожні знаки, що регулюють умови кар'єру, повинні бути розміщені з обох боків дороги.

Під час руху в межах кар'єру заборонено такі дії:

- a) рух транспортного засобу з піднятим кузовом;
- b) виконання технічного обслуговування або розвантаження під лініями електропередач;
- c) рух заднім ходом на відстань більше 30 метрів від місця навантаження (крім копання канав);
- d) рух по підземних кабелях без спеціальних захисних кожухів;
- e) паркування транспортних засобів на схилах або пандусах без вжиття заходів щодо запобігання випадковому руху;
- e) перемикання передач на крутих схилах або пандусах; під час спуску зі схилів слід використовувати низькі передачі.

У всіх випадках під час повороту має бути ввімкнений попереджувальний звуковий сигнал. Транспортні засоби вантажопідйомністю 45 тонн і більше повинні подавати звуковий сигнал як попередження під час повороту.

Транспортні засоби повинні бути у справному стані та оснащені дзеркалами заднього виду, робочими фарами та сиренами, робочими

ліхтарями та гальмівними системами, а також аптечкою, вогнегасником та упорами для коліс.

В гірничотранспортних цехах, що експлуатують самоскиди в кар'єрах, повинні створювати контрольно-пропускні пункти, оснащені необхідними приладами, обладнанням та пристроями для перевірки технічного стану транспортних засобів перед відправкою та поверненням. Водії великовантажних самоскидів (вантажопідйомністю понад 100 тонн) можуть змінюватися в межах відведеної зони кар'єру, не повертаючись до гаражу кожну зміну. У цьому випадку технічний стан великовантажного самоскида повинен бути перевірений:

а) працівниками гаража перед випуском транспортного засобу після технічного обслуговування або ремонту;

б) час передачі має бути спільно підтверджений водієм, що виїжджає, та водієм, що прибуває, а акт передачі має бути підписаний ними обома, із зазначенням часу передачі, показань спідометра та стану транспортного засобу.

Камінні породи, що прилипли до кузова самоскида, необхідно видаляти механічними, гідравлічними або іншими засобами в межах відведеної зони. Ручне видалення в цьому випадку дозволено, але з дотриманням заходів безпеки, затверджених головним інженером транспортного відділу кар'єру.

4.2 Правила виконання робіт з завантаження та розвантаження кар'єрного транспорту

Зона завантаження та розвантаження повинна мати достатній простір для роботи транспортних засобів. Зона завантаження та розвантаження повинна бути рівною (ухил не перевищує 10%).

Щоб запобігти відкочуванню транспортних засобів, зона розвантаження повинна мати надійну захисну стіну висотою не менше 0,7 метра. Без захисної стіни жодному транспортному засобу не дозволяється

в'їжджати ближче ніж на 3 метри від краю зони завантаження та розвантаження.

Сигнали (звукові або візуальні), що подаються під час операцій (навантаження та розвантаження), повинні бути розміщені поблизу або на кожній машині (екскаваторі, навантажувачі тощо), а персонал повинен бути ознайомлений зі значенням цих сигналів.

Транспортні засоби, що завантажуються, повинні знаходитися поза робочою зоною ковша екскаватора та можуть під'їжджати для завантаження лише з дозволу оператора. Транспортний засіб, що завантажуються, має бути загальмований та знаходитися в межах видимості екскаватора. Завантаження має здійснюватися збоку або ззаду; ківш екскаватора не повинен переноситися через кабінку транспортного засобу. Завантажений транспортний засіб може покинути екскаватор лише з дозволу машиніста.

Якщо кабіна транспортного засобу не має запобіжних елементів, водій повинен покинути кабінку під час завантаження. Під час використання вантажівки БЕЛАЗ для завантаження пухкої породи низької щільності місткість ковша екскаватора не повинна перевищувати 8 кубічних метрів.

Під час використання вантажівки БЕЛАЗ для завантаження великовагової породи місткість ковша екскаватора не повинна перевищувати 12 кубічних метрів, оскільки використання ковша великої місткості збільшує знос кузова транспортного засобу та елементів підвіски під час завантаження.

Забороняється одностороннє завантаження, завантаження негабаритних вантажів та завантаження понад номінальну вантажопідйомність транспортного засобу. Під час перевезення породи низької щільності, якщо вантажівку неможливо повністю завантажити, рекомендується розширити поздовжні борти кузова вантажівки, щоб зменшити розсипання кам'яних та рудних уламків, а також забезпечити повне завантаження вантажівки.

4.3 Санітарні правила при роботі в кар'єрі

На кар'єрах необхідно регулярно збирати проби повітря для аналізу рівня шкідливих газів. Вміст кисню в робочій зоні повинен досягати 20%, а вміст вуглекислого газу не повинен перевищувати 0,5% (за об'ємом). Вміст пилу та шкідливих газів на робочому місці не повинен перевищувати значень, зазначених у гігієнічних нормах (табл.. 4.2).

Таблиця 4.2

Гранично допустимі концентрації небезпечних речовин та пилу в повітрі

Газ, пил	Гранично допустимі концентрації	
	% за об'ємом	мг/м ³
Окисли азоту (у перерахуванні на N ₂ O ₅)	0,0001	5
Окис вуглецю	0,0024	30
Сірководень	0,00066	10
Сірчистий ангідрид	0,00035	10
Акролеїн	0,00008	2
Формальдегід	0,00016	5
Пил, що містить більше 70% вільної SiO ₂ в її кристалічній модифікації		1
Пил, що містить більше 10% вільної SiO ₂ й більше 10% азбесту		2
Пил вугільна й вугільно-породна, що утримує більше 10% і до 70% вільної SiO ₂		2
Те ж, до 10% вільної SiO ₂		4
Пил вугільна, що не містить вільної SiO ₂		10
Пил бариту, апатиту, фосфориту, що містить менш 10% вільної SiO ₂		5
Пил глини, мінералів і їхніх сумішей, що не містить вільної SiO ₂		6
Пил цементу, глини, мінералів і їхніх сумішей, що не містить вільної SiO ₂		6
Азбестовий пил і пил змішана, що містить більше 10% азбесту		2

Щоб зменшити утворення пилу під час розробки породи в теплу погоду, слід систематично розпилювати воду на робочий забій. Щоб зменшити утворення пилу на дорогах при мінусовій температурі, дороги слід поливати водою та наносити спеціальні клеї.

ВИСНОВКИ

У роботі вирішена актуальна задача дослідженні шляхів розвитку гірничотранспортної системи залізорудних кар'єрів зі зниженням гірничих робіт на основі обґрунтування границь ефективного застосування різних схем комбінованого транспорту для зменшення собівартості транспортування гірничої маси. Це дозволяє сформулювати такі висновки:

1. Аналізуючи сучасний стан розвитку гірничотранспортних систем глибоких кар'єрів, до числа найбільш актуальних проблем подальшого розвитку кар'єрного транспорту, що вимагають проведення наукових досліджень, варто віднести дослідження перспектив розвитку відкритих гірничих розробок з метою уточнення умов формування й функціонування транспортних систем на довгострокову (15-20 років) перспективу.

2. Встановлено, що для запобігання простоїв гірничотранспортного устаткування, при переході на автомобільно-конвеєрний транспорт, необхідно в першу чергу проводити організацію перевантажувальних пунктів на концентраційних горизонтах з можливістю руху міжступного перевантажувача.

3. Отримано залежності витрат на транспортування гірничої маси автомобільним, залізничним і конвеєрним транспортом від висоти її підйому, а також капітальних і поточних витрат і металоємності від кута нахилу й висоти підйому конвеєрного транспорту.

4. Основними параметрами кар'єрних автосамоскидів є вантажопідйомність, потужність двигуна, обсяг кузова, колісна формула, сила тяги й мінімальний радіус повороту. Радіус повороту й можлива сила тяги обумовлюються величиною міжосьової відстані й для автосамоскидів певної конструкції є величинами постійними. Таким чином, змінюючи міжосьову відстань можна регулювати можливу силу тяги й радіус розвороту автосамоскида.

5. Запропонована конструкція механізму зміни положення центра мас і міжосьової відстані (МЦМ) автосамоскида дозволяє:

- при русі по дорозі з ухилом 70% більш економічно витратити дизельне паливо;
- при зменшенні міжосьової відстані автосамоскида змінювати радіус повороту у порівнянні з типовим самоскидом на 4,4 м;
- збільшити поздовжній ухил внутрішньокар'єрних автодоріг з 120 до 200 ‰ за рахунок чого скоротити довжину транспортування до 40%;

6. Наведені рекомендації до розрахунку параметрів систем розробки при використанні для транспортування гірничої маси автосамоскидів із МЦМ, можуть бути застосовані для визначення параметрів розробки глибоких горизонтів кар'єрів, що забезпечить позитивну економічну ефективність і збільшення тривалості експлуатації кар'єрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Кукушка І. В. Інноваційний розвиток транспортних підприємств України. *Економіка та*

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белоусова О.С. Стан та перспективи розвитку залізорудної промисловості України / О.С. Белоусова // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. – 2012. – Вип. 2 (12). – С. 157-164.
2. Біліченко В.В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навч. посібник / В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький, Ю. Ю. Кукурудзяк, С. В. Цимбал. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
3. Бизов В. Ф. Відкриті гірничі роботи : навч. посібник / Бизов В. Ф., Дриженко А. Ю. – Кривий Ріг. : Мінерал, 2004. – Том XIII. – 341 с.
4. Вінівітін Д.В. Додаткові умови для запобігання незбіжності формування оперативних планів управління вантажно-транспортним комплексом кар'єру // Збірник наукових праць НГУ. 2017. №50. С. 32-39.
5. Вінівітін Д.В., Правила формування технологічних ділянок для управління вантажно-транспортним комплексом кар'єру на інтервалі оперативного планування // Збірник наукових праць НТУУ "КПІ". 2017. Випуск 32. С. 33-44.
6. Вінівітін Д.В., Складання графіка черговості розвантаження автосамоскидів на пункті розвантаження при транспортуванні гірської маси на залізорудному кар'єрі // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2017. №3. С. 75-81.
7. D.V. Vinivitin, Particular aspects of planning mining-haulage operation in iron ore mines while designing traffic flows // *Scientific Reports on Resource Issues* 2016, Volume 1. P.219-226.
8. Vemba M.M. Loading and transport system at SMC – Optimization // *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. – Apr 2004. – P. 139-147.
9. Державна служба статистики України - **ТРАНСПОРТ І ЗВ'ЯЗОК УКРАЇНИ – 2018** / Статистичний збірник За редакцією І. Петренко / ТОВ «Бук-Друк», м. Житомир, -2019, С.152
10. Дриженко А. Ю. Кар'єрні технологічні гірничотранспортні системи : монографія / А. Ю. Дриженко. – Д. : Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 542 с.
11. Burt C.N. Match factor for heterogeneous truck and loader fleets / C.N. Burt, L. Caccetta // *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*. – 2007. – 21, №4. – P. 262-270.
12. Ковальчук В. А. Визначення організаційних та ресурсно-технологічних факторів впливу на продуктивність кар'єрного автотранспорту / В. А. Ковальчук, І. В. Оболонська // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 30. – С. 3-5.
13. Kolonja B. Computer simulation of open-pit transportation systems / B. Kolonja, N. Vasiljevic // *Mine Planning and Equipment Selection*. – Rotterdam: Balkema, 2000. – P. 613-618.
14. Лучко М. І. Розвиток гірничого автотранспорту та завдання оптимізації параметрів самоскидів і елементів кар'єрів / М. І. Лучко, В. І.

Гірін, С. В. Філатов, В. В. Гірін // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. – 2010. – № 4 (146). – Ч. 1. – С. 1-4.

15. Маланчук З. Р. Технології відкритої розробки корисних копалин : навч. посібник / З. Р. Маланчук, В. С. Гавриш, В. А. Стріха, І. М. Киричик. – Рівне : НУВГП, 2013. – 285 с.

16. Монастирський Ю. А. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України / Ю. А. Монастирський, А. В. Гальченко, А. С. Вівчарик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – т. 9 (1052). – С. 38-42;

17. Монастирський Ю. А. Дослідження надійності роботи агрегатів підвіски кар'єрних автосамоскидів / Ю. А. Монастирський, В. М. Денис // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг. – 2010. – Вип. 26. – С. 132-134.

18. Музиченко А.С. Стан та тенденції розвитку гірничо-металургійного комплексу України / А.С. Музиченко // Економічний форум. – 2014. – № 3. – С. 25-31.

19. Потапенко В. В. Аналіз моделі технологічних станів кар'єрних самоскидів БелАЗ [Електронний ресурс] / В. В. Потапенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – т. 29 (1002). – С. 126-132. – Режим доступу: http://ait.kharkov.ua/uploads/29_1002.pdf

20. Прокопенко В. І. Фактори підвищення конкурентоспроможності автосамоскидів у вітчизняному виробництві / В. І. Прокопенко., Л. А. Бондаренко // Економічний вісник НГУ. – 2013. – №4 (44). – С. 45-52.

21. Темченко А. Г. Методологічні основи обґрунтування виробничої програми гірничорудних підприємств. Огляд світового ринку залізрудної сировини / А. Г. Темченко, С. В. Максимов, Н. В. Пасічник // Вісник КТУ. – Кривий Ріг. – 2004. – Вип. 4 – С. 123–127.

22. Темченко А. Г. Методологічні основи обґрунтування виробничої програми гірничорудних підприємств. Огляд світового ринку залізрудної сировини / А. Г. Темченко, С. В. Максимов, Н. В. Пасічник // Вісник КТУ. – Кривий Ріг. – 2004. – Вип. 4 – С. 123–127.

23. Темченко О. А. Обґрунтування технологічного потенціалу гірничих підприємств у контексті забезпечення конкурентоспроможності розробки залізрудних родовищ / О. А. Темченко // Інноваційна економіка. – 2015. – № 1. – С. 55-60.

24. Темченко О. А. Обґрунтування технологічного потенціалу гірничих підприємств у контексті забезпечення конкурентоспроможності розробки залізрудних родовищ / О. А. Темченко // Інноваційна економіка. – 2015. – т. 1. – С. 55-60.

25. Четверик М. С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте : навч. посіб. / М. С. Четверик. – К. : Наук. думка, 1986. – 188 с.