

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра гірничої справи

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до міждисциплінарного курсового проєкту за освітньою програмою  
«Відкрита розробка родовищ корисних копалин»

на тему

«Вибір і обґрунтування засобів транспортування гірничої маси  
кар'єрним транспортом на Ганнівському кар'єрі»

Здобувача освіти групи 184В-22-1п

Руденко Д.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник:

к.т.н., доц. каф.

гірничої справи Сахно С.В.

(наук. ступ., посада, прізвище та ініціали)

Кількість балів \_\_\_\_\_

Оцінка \_\_\_\_\_

Запоріжжя 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра гірничої справи

ЗАВДАННЯ  
НА МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ КУРСОВИЙ ПРОЄКТ  
ЗДОБУВАЧА БАКАЛАВРСЬКОГО РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
за освітньою програмою «Відкрита розробка родовищ корисних  
копалин»

Руденка Дмитра Борисовича

1. Тема проекту: Вибір і обґрунтування засобів транспортування гірничої маси кар'єрним транспортом на Ганнівському кар'єрі
2. Строк здачі завершеного проекту: січень 2025 року.
3. Вихідні дані курсового проекту: відомості про Ганнівський кар'єр
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
  - 4.1 Аналіз гірничо-геологічних умов підприємства Північний ГЗК, Ганнівський кар'єр.
  - 4.2. Аналіз гірничо-технічної інформації.
  - 4.3. Розробка альтернативної технології робіт і її порівняння з поточною технологією.
  - 4.3. Заходи з охорони праці і техніки при виконанні технологічних процесів, що розглядаються в проекті.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

---

---
6. Дата видачі завдання: жовтень 2024 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів розробки курсового проекту	Строк виконання етапів курсового проекту	Примітка
1	Аналіз гірничо-геологічних умов підприємства Північний ГЗК, Ганнівський кар'єр.	Жовтень 2024 року	Виконано
2	Аналіз гірничо-технічної інформації.	Жовтень 2024 року	Виконано
3	Розробка альтернативної технології робіт і її порівняння з поточною технологією.	Листопад 2024 року	Виконано
4	Заходи з охорони праці і техніки при виконанні технологічних процесів, що розглядаються в проекті.	Грудень 2024 року	Виконано
5	Висновки	Грудень 2024 року	Виконано
6	Список використаних джерел	Грудень 2024 року	Виконано

**Здобувач вищої освіти** Руденко Дмитро Борисович.

(ім'я, прізвище)

**Керівник курсового проекту** Сахно Світлана Володимирівна.

(ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 45 с., 4 рис., 10 табл., 16 посилань.

**Об'єкт дослідження.** Засоби транспортування гірничої маси відкритим способом.

**Предмет дослідження.** Вибір засобів транспортування гірничої маси Ганнівського кар'єру.

**Мета курсового проєкту.** Обґрунтувати засобів транспортування гірничої маси кар'єрним транспортом на Ганнівському кар'єрі та пошук оптимізації транспортних витрат.

Структура роботи: вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел.

У вступі описано для чого потрібно проводити транспортування гірничої маси та як цей процес впливає на навколишнє середовище.

В першому розділі проаналізовано гірничо-геологічні умови підприємства Північного ГЗК «Ганнівського» кар'єру. В ньому описана мета проведення гірничих робіт відкритим способом, проаналізовано елементи кар'єру, визначено як природні умови впливають на відкриті гірничі роботи, а також розглянуто виробничі лінії підприємства.

В другому розділі проведено аналіз гірничо-технологічної інформації. Зроблено оцінку основних технологічних процесів в кар'єрі, визначено параметри, що впливають на вибір транспорту, знайдено шляхи оптимізації транспортування, проаналізовано як можна мінімізувати шкідливі впливи на навколишнє середовище.

В третьому розділі розглянуто поточні та нові технології робіт і проаналізовано як вони вплинуть на виробничі процеси. В четвертому розділі розглянуті заходи з охорони праці та техніки безпеки на підприємстві.

Ключові слова: *кар'єр, Ганнівський кар'єр, гірничі роботи, технологічні процеси, системи транспортування, нові технології, кар'єрний транспорт, навколишнє середовище*

## Зміст

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ПІДПРИЄМСТВА «ПІВНІЧНИЙ ГЗК, ГАННІВСЬКИЙ КАР'ЄР.....	8
1.1. Мета проведення гірничих робіт відкритим способом.....	8
1.2. Елементи кар'єру та розрахунків їх параметрів.....	10
1.3. Залежність відкритих гірничих робіт від природних умов.....	14
1.4. Виробничі лінії підприємства.....	15
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	17
2.1. Оцінка основних технологічних процесів в кар'єрі.....	17
2.2. Визначення параметрів, що впливають на вибір транспорту.....	20
2.3. Пошук шляхів оптимізації транспортування.....	23
2.4. Мінімізація шкідливих впливів на навколишнє середовище.....	25
РОЗДІЛ 3. КАР'ЄРНИЙ ТРАНСПОРТ.....	27
3.1. Розрахунок завантаження думпкара.....	28
3.2. Розрахунок завантаження автосамоскида.....	32
3.3. Економічні розрахунки залізничного транспорту.....	35
3.4. Економічні розрахунки автомобільного транспорту.....	36
3.5. Економічне порівняння кар'єрного транспорту.....	36
РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ В ПРОЕКТІ.....	38
4.1. Розробка стандартів безпеки при експлуатації кар'єрного транспорту.....	38
4.2. Визначення вимог до персоналу.....	40
4.3. Перевірка технічного стану транспортних засобів.....	42
4.4. Заходи щодо зниження впливу транспорту на навколишнє середовище.....	43
ВИСНОВКИ.....	44
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

## ВСТУП

Кар'єрний транспорт необхідний для того, щоб переміщувати гірничу масу в умовах відкритої розробки родовищ корисних копалин та зосереджує в собі комплекс транспортних засобів та споруд, включаючи рухомий склад, допоміжне устаткування, транспортні комунікації, засоби керування їх роботою та пристрої для ремонту та технічного обслуговування.

Специфіка відкритих робіт на кар'єрах (в т.ч. і Ганнівському) полягає в регулярному переміщенні робочих місць, що зумовлює особливості використання кар'єрного транспорту та диктує головні вимоги до транспортних засобів, які діють на кар'єрі. Специфіка використання кар'єрного транспорту виглядає наступним чином:

- Потрібно переміщувати транспортні комунікації, пункти навантаження, обладнання в міру переміщення фронту робіт та збільшення глибини кар'єру;
- Через великий вантажопотік та необхідно використовувати потужне та важке обладнання;
- Робочий простір на горизонтах обмежений.

Вибір кар'єрного транспорту залежить від наступних чинників: геологічні умови залягання корисних копалин; виробничі потужності підприємства, обсяг перевезень та темпи їх інтенсифікації; відстані транспортування.

Кар'єрний транспорт представлений наступними видами: конвеєрний, автомобільний та залізничний.

**Мета** роботи полягає в тому, щоб знайти прийнятні параметри для організації транспортування гірничої маси кар'єрним транспортом.

При виборі теми поставлені наступні **завдання**:

- Аналіз досліджень та літературних джерел, де описані технології вдосконалення транспортних робіт на кар'єрах з видобутку залізної руди;
- Аналіз роботи основних видів транспорту на території Ганнівського кар'єру;
- Проведення досліджень та обґрунтування вибору оптимальних параметрів для проведення транспортування гірничої маси кар'єрним транспортом на Ганнівського кар'єрі в Кривому Розі.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ПІДПРИЄМСТВА «ПІВНІЧНИЙ ГЗК, ГАННІВСЬКИЙ КАР'ЄР

Ганнівський кар'єр посідає друге місце в Україні за довжиною. Має глибину понад 275 метрів та простягається на 5 км. розташований він в Кривому Розі і входить до числа чотирьох десятків діючих таких об'єктів на території міста. Розташований він околицях міста поблизу траси на Жовті Води. На території цього кар'єру оглядовий майданчик відсутній, проте його досить непогано видно з траси. Він є візиткою для оглядових екскурсій в Кривому Розі [1].

Ганнівське родовище залізистих кварцитів розташоване в північній частині Криворізького залізорудного басейну в межах Східно-Ганнівської полоси метаморфічних порід криворізької серії і представляє собою монокліналь субмеридіального простирання з падінням поклади і вміщуючих порід на захід під кутом 55-85°.

Проект розробки родовища виконаний в 2004 році інститутом генпроектувальником ВАТ «Укргіпроруда». Проект пройшов експертизу в Криворізькому ЕТЦ Держнагляддохоронпраці України (експертний висновок №12.2-05-05-0878.05 від 16 серпня 2005р.).

У геологічній будові Ганнівського родовища беруть участь породи наступних світ: новокриворізької PR□ nk(Ko), скелеватської PR□ sk (K□), саксаганської PR□ sx (K2), ) і гданцівської PR□ gd - PR□ gl(K3).

Перший залізистий горизонт PR□ sx1 1f по речовинному складу, текстурно-структурним ознакам і технологічним властивостям розділяється на дві пачки – лежачу і висячу. У основі горизонту найчастіше залягають магнетит-силікатні кварцити з прошарками сланців, утворюючи перехідну підпачку. Потужність перехідної підпачки досягає 10-15м.

Лежача пачка утворена магнетитовими, гематит-магнетитовими і, у меншому ступені, силікат-магнетитовими і магнетит-силікатними кварцитами.

Висяча пачка утворена магнетит-силікатними кварцитами. По текстурних ознаках і вмісту заліза пачка ділиться на чотири підпачки.

Перший сланцевий горизонт (PR1sx1s ) підстиляє залізородний поклад горизонту PR1sx1f,. Складений кварц-біотит- кумінгтонітовими сланцями з тонкими прошарками безрудних кварцитів. Потужність змінюється від 10 до 220 м.

Другий сланцевий горизонт (PR1sx2s) перекриває висячу пачку (IV підпачку) першого залізородного горизонту PR1sx1f,. Складений алюмо-силікатними кристалічними сланцями, нерідко з кристалами магнетиту та гранату. Вміст заліза магнітного від 5 до 17%. Потужність змінюється від 70 до 200 м.

Кайнозойські (Kz) осадові породи залягають на вивітрювальній та розмитій поверхні кристалічних порід. Середня потужність становить 40 м.

Палеогенові (Pg) відкладення залягають в основі розрізу кайнозойських порід. Представлені гравійно-щебенистим матеріалом підстиляючих кристалічних порід. Потужність до 9м.

Неогенові (N) відкладення представлені глинистими пісками. Середня потужність 6,2м.

Неоген-четвертинні (N2Q1) червоно-бурі глини. Середня потужність – 8м.

Четвертинні (Q2-3) бурі глини.

Четвертинні (Q3-4) лісовидні суглинки.

Сучасні ґрунти (Q4). Потужність – 0,2-0,4м.

У структурному плані родовище являє собою пласт залізистих порід першого залізистого горизонту, витягнутий у субмеридіальному напрямку на відстань більш ніж 14,5 км. Після розвідувального

профілю 8 у напрямку на північ потужність пласту поступово зменшується. Лише в окремих місцях відмічається незначне збільшення горизонтальної потужності за рахунок зміни кутів падіння порід. У тектонічному відношенні розвідана ділянка не однорідна, встановлюється більш складна тектонічна будова родовища, особливо в його південній частині. По складності тектонічної будови родовище може бути розділене на три ділянки: південну, центральну і північну.

Довжина Ганнівського кар'єру по поверхні перевищує ширину в 5-7 разів і для зручності проектування і планування гірничих робіт розподіляється по 21 розвідувальному геологічному профілю на дві частини – південну і північну.

До головних елементів кар'єру відносяться: об'єм розкриву; запаси корисної копалини, яка видобувається; кути відкосів бортів; уступи; розміри дна; розміри кар'єрного поля [3, с.18-19].

На цей час кар'єр розкритий на глибину 270 м до відмітки -145 м в південній частині і відмітки – 82 м в північній частині кар'єру. Гірничі роботи ведуться на 21 горизонту і посуваються в південно-східному, південно-західному і північному напрямках. Верхні розкривні горизонти +135м, +115м, +102м, +90м, +76м відпрацьовуються безпосередньо на залізничний транспорт.

Горизонти +60 м. +45м частково залізничним і автомобільним транспортом, всі нижче лежачі горизонти відпрацьовуються на автотранспорт із вивезенням розкривних порід на перевантажувальні пункти і частково через комплекс ЦПТ. Вся руда із вибоїв автомобільним транспортом доставляється на комплекс ЦПТ.

Частково з комплексу ЦПТ розкривні породи залізничним транспортом вивозяться на греблю хвостосховища та на дробильно-сортувальний комплекс для виробництва щебню, який використовується для забезпечення потреб кар'єру та цехів комбінату

на будівництві та поточному утриманні залізничних та автомобільних шляхів.

Для буріння вибухових свердловин застосовуються верстати шарошкового буріння СБШ-250МН. Як навантажувальні механізми в кар'єрі і на відвалах використовуються екскаватори ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-6.3Ус, ЕКГ-12.5, ЕКГ-4У і драглайн ЕШ-10/50. На перевантажувальних майданчиках греблі хвостосховища і дробильно-сортувальному комплексі використовуються екскаватори ЕКГ 5А.

Як рухомий склад залізничного транспорту використовуються думпкари 2ВС вантажопідйомністю 105 тон, тепловози 2ТЕ10М, електровози ОПЕ-1А і ОПЕ 1АМ, як автотранспорт – автосамосвали БілА3-7512-10 вантажопідйомністю 120тн, БілА3-75131 вантажопідйомністю 130 тон [16].

На цьому кар'єрі видобуваються різні типи руд: магнетитові, силікат-магнетитові, магнетит-силікатові кварцити. Заліза разом магнетитами є 28%, а загального заліза близько 38%. На даний час запасів руди розвідано до глибини 800 м. Руду видобувають з використанням циклічно-поточної технології [11, с. 22-23].

У межах родовища виявлено три водоносні горизонти. Вони знаходяться у кристалічних породах докембрію, неогенових пісках та лісовидних четвертинних суглинках. Довжина кар'єру в 5-7 разів більша від його ширини. З метою зручнішого проектування та планування гірничих робіт, його умовно поділили на 2 частини: північну та південну.

Проект на будівництво Ганнівського кар'єру розробили в 1961 році, а в 1962 затвердили. На той момент було затверджено до 13 млн. тон потужності видобутку сирової руди в рік. В 1969 році підприємство відкрили, а в 1971 році проект розширили до видобутку 18 млн. тон сирової руди в рік та збільшення глибини до 300 м.

На даний час кар'єр розкрито на глибину до 270 м. В південній частині видобуток проведено до 195 метрів, а в північній частині до 100 м.

Гірничі роботи ведуться в північному, південно-західному та південно-східному напрямках. Верхні розкривні горизонти 75 м, 90 м, 102 м, 115 м та 135 м відпрацьовуються на залізничний транспорт. Всі горизонти, які розташовані нижче відправляються на спеціальні автомобілі шляхом подальшого вивезення розкривних порід на перевантажувальні пункти [11, с. 25-26].

На даний момент проектна продуктивність Ганнівського кар'єра становить 10,0 млн.тонн сирої руди на рік (глибина кар'єру досягла 300м, ширина 1,2 тис. м, довжина 5, 250 тис.м).

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

### 2.1. Оцінка основних технологічних процесів в кар'єрі

Технологічні процеси є основою діяльності гірничого підприємства. Цей процес полягає у впливі людини на корисну копалину з метою створення матеріальних благ, що необхідні для існування та розвитку суспільства. В основі технологічного процесу на Ганнівському кар'єрі лежить перетворення добутої сировини в готову продукцію. Всі технологічні процеси поділяються на кілька видів: синтетичні (з кількох видів сировини виготовляється один продукт), аналітичні (кілька продуктів одержують з одного виду сировини), прямі (один продукт одержують з одного виду сировини) [3, с. 19-20].

В ході проектування території де розміщено Ганнівський кар'єр, землі, які мали сільськогосподарське призначення переведено в землі промислового призначення. В планувальному рішенні враховано наступні нюанси: ТЕО «Реконструкція відвального господарства ПРАТ "Північний ГЗК" на період до 2050р. ТОВ «ЮЖГИПРОРУДА» м.Харків 2018р.; ТЕО «Відпрацювання Ганнівського родовища ПРАТ "Північний ГЗК" відкритим способом на період 2020-2037г.» розробник ТОВ «ЮЖГИПРОРУДА» м.Харків 2018р.

У зв'язку з тим, що розробка Ганнівського кар'єру продовжується, з'явилася необхідність знайти додаткові об'єми складування розкривних порід. Тому в чинних технологічних важливу роль відіграє відвальне господарство, завдяки якому гірське та транспортне обладнання працює в режимі нон-стоп. На відвальні роботи витрачаються значні фінансові та трудові ресурси. Тому при правильному виборі розширення відвалів робота буде безперебійною і більш продуктивною [17].

Розвиток відвалів виконують за рахунок одночасно збільшення їх площі та висоти. До розкривних порід Ганнівського кар'єру належать наносні: прошарки піску, глини та суглинків, а також скельні породи, що представлені кварцитами всячого боку та сланцями всячого і лежачого боку.

Основна частина розкривних порід в Ганнівський відвал виконується залізничним транспортом, а залишки автомобільним. Північна та Південна станції забезпечують зв'язок кар'єру з відвалами.

В рухомий склад кар'єру включено електровози; думпкари 2BC105, що мають вантажопідйомність 105 тон; автомобілі: автосамоскиди БелАЗ-7512-10 і БелАЗ-75131, що мають вантажопідйомність 120 та 130 тон відповідно.

До процесу відвалоутворення включено наступні операції з прийому та розміщення розкривних порід:

- Розвантаження породи з думпкарів;
- Укладання порід у відвалі за допомогою екскаваторів;
- Планування відвальних уступів та переміщення транспортних комунікацій.

Розширення відвалів в Ганнівському кар'єрі планується в східному та західному напрямках [17].

До компонентів відвалу відносять:

- Гідрообвідний канал;
- Озеленення спецпризначення;
- Залізничну колію;
- Під'їздну автодорогу;
- Складування родючого шару ґрунту;
- Тіло відвалу.



Рисунок 2.1 Технологічні процеси

## 2.2. Визначення параметрів, що впливають на вибір транспорту

Вибір кар'єрного транспорту залежить від характеристик вантажу, який перевозять, відстані транспортування, масштабів перевезень та темпів їх розвитку. Розрізняють автомобільний, залізничний та конвеєрний транспорт.

Завантаження гірничої маси здійснюється на декількох ділянках. Це робиться за допомогою автомобільного та залізничного транспорту. За характером потоку вантажу розділяють циклічний (перервний) і потоковий (безперервний) види транспорту. На Ганнівському кар'єрі застосовується циклічно-потокова технологія транспортування.

Залізничний транспорт має ряд переваг: він може працювати на кар'єрах з будь-якою продуктивністю, а надійність перевезень зберігається при будь-яких умовах. Гірничотехнічні умови експлуатації погіршуються зі збільшенням глибини кар'єру. Тому зараз частка залізничного транспорту зменшується при відкритих гірничих розробках.

Лідером з транспортування гірничої маси в кар'єрах є автомобільний транспорт. Завдяки застосуванню автомобільного транспорту можна обрати ефективні схеми розробки родовищ, коли знижуються обсяги гірничо-капітальних робіт та зменшуються терміни будівництва.

Збільшення вантажопідймальності автосамоскидів та створення нових типів транспортних засобів (тролейвозів, електросамоскидів та інших новітніх машин) дозволяє розширити масштаби використання автотранспорту на відкритих гірничих розробках [9, с. 25-26].

Конвеєрний транспорт ефективний при здійсненні доставки м'яких та дрібногрудкуватих гірських порід. Конвеєри є одним із видів потокового транспорту, застосування якого більш ефективно в складі комплексів машин безперервної дії в поєднанні з виймально-навантажувальним устаткуванням.

Стрічкові конвеєри є найбільш популярними. Завдяки використанню стрічкових конвеєрів, які можна автоматизувати при необхідності, продуктивність праці збільшиться у порівнянні з автомобільним та залізничним транспортом. Вони здатні переміщувати гірську масу під великим кутом до  $18^{\circ}$ . Завдяки цій особливості, скорочується відстань перевезення у порівнянні з автомобільним транспортом у 3-4 рази, а у порівнянні з залізничним у 8-10 разів. Але конвеєрний транспорт здатен транспортувати гірську масу лише певних розмірів, тому її потрібно просіювати та подрібнювати на перевантажувальних пунктах перед відправкою на конвеєр [9, С.26].

Добувається та відвантажується гірнична маса на наступних ділянках Ганнівського кар'єру: №1, №3, №4, №6, №12, №15, №16, №17.

Головними завданнями на першій ділянці є добування руди та пустої породи з подальшим її завантаженням на автомобільний транспорт. В структурі ділянки №1 зареєстровано 11 екскаваторів,

серед яких 4 ковші мають ємність 8 м<sup>3</sup>, а сім 10 м<sup>3</sup>. Продуктивність ділянки в 2012 році складає 13965,1 тис.м<sup>3</sup> гірської породи за рік.

На ділянці №3 гірська порода відвантажується на залізничний транспорт. На цій ділянці базується 8 екскаваторів, 4 з яких ЕКГ-8І виконують завантаження гірської породи в залізничні вагони напряму із забоїв. Ще 4 екскаватори (2 з об'ємом ковша 10м<sup>3</sup>, 1 8м<sup>3</sup> і 1 має об'єм ковша 12,5м<sup>3</sup>), встановлені на внутрішньокар'єрних перевантажувальних пунктах. Продуктивність ділянки в 2012 році склала 4813,8 тис.м<sup>3</sup> прямого розкриву та 6257,9 тис.м<sup>3</sup> перевантаження гірської породи в рік.

На ділянці №4 гірська порода приймається у відвал. Складання пустих порід в кар'єрі відбувається на західних залізничних відвалах за допомогою 8 екскаваторів на 5 ярусах. Екскаватори представлені наступними моделями: ЕКГ – 8І (4 шт.), ЕКГ – 6,3 УС (2 шт.), 1 драглайном ЕШ – 10/50 з об'ємом ковша 10м<sup>3</sup> та екскаватором ЕКГ – 4У з об'ємом ковша 5м<sup>3</sup>. Продуктивність ділянки в 2012 році склала 13447,9 тис.м<sup>3</sup> гірської породи в рік.

Ділянка №6 відноситься до бурових. Буріння свердловин на Ганнівському кар'єрі здійснюється станками шарошкового буріння СБШ – 250. В склад бурового парку Ганнівського кар'єру входить 11 станків СБШ. В період 2011-2012 років придбано 2 бурових станки «Ferdinand». За 2012 рік було пробурено 326,9 тис.п.м.

Ділянка №12 призначена для прийому, відвантаження гірських порід та механізації залізничних робіт. Тут виконується відвантаження руди на дробильну фабрику, а також пусті породи у відвал з відкритих складів ПК – 7 та ПК – 8 здійснюється двома екскаваторами ЕКГ – 8І та ЕКГ – 10. Також в складі екскаваторного парку є 3 екскаватори ЕКГ – 5А з ємністю ковша 5м<sup>3</sup>, які задіяні для прийому та відвантаження гірської породи для побудови греблі хвостосховища. Продуктивність в 2012 році

на греблі склала 1409,3 тис.м<sup>3</sup> і на транспортуванні 3552,4 тис.м<sup>3</sup> гірської породи в рік.

Промислова ділянка №15 виконує функції водовідведення. До головних завдань цієї ділянки відносяться відкачування паводкових та ґрунтових вод з кар'єру, а також забезпечення можливості проведення гірничих робіт на нижніх горизонтах. Технологічним обладнанням ділянки №15 є насоси ЦНС – 300/420 та 8 – ГР8. Ними за 2012 рік з кар'єру відкачано більше 998.2 тис м<sup>3</sup> води.

На ділянці №16 займаються подрібненням гірської породи та виготовленням щебню. В технологічному процесі виготовлення щебню задіяно 2 дробарки та 8 конвеєрів, два ЕКГ – 5А. За 2012 видобуто близько 100 тис. м<sup>3</sup> щебню.

Дорожньо-будівельна техніка знаходиться на ділянці №17. Задача цієї ділянки полягає в забезпеченні основних та допоміжних технологічних процесів з видобутку руди та пустої породи за допомогою бульдозерної та додаткової техніки. В парку бульдозерної техніки знаходиться 10 гусеничних та 2 колісних бульдозери, більшість з яких є обладнанням фірми Komatsu. Крім бульдозерної техніки на ділянці №17 базується 21 одиниця автомобільної техніки.

Ремонтні та допоміжні роботи виконують працівники виробничих ділянок з обслуговування та ремонту механічного і електричного обладнання, а також маркшейдерська та геологічна служби [18].

### **2.3. Пошук шляхів оптимізації транспортування**

Оскільки останнім часом збільшується інтенсивність виробництва при відкритих гірничих роботах, то це провокує збільшення вартості транспортування добутих матеріалів великогабаритним вантажним транспортом. Тому в якості альтернативи варто використовувати конвеєрний та колісний транспорт. Він є більш дешевим та пришвидшує

відкриті гірничі роботи. Але щоб застосовувати конвеєри в гірництві, потрібно попередньо підготувати гірничу масу для завантаження на стрічку зернистого матеріалу потрібної крупності. Завдяки застосуванню конвеєрів можна зекономити 60% на транспортуванні, якщо порівнювати з автомобільним транспортом [5, с. 137-138].

Завдяки оптимізації транспортування гірничої маси у відкритих кар'єрах можна знизити затрати, підвищити продуктивність праці та забезпечити екологічну та технічну ефективність процесу. Щоб оптимізувати ці процеси треба вдосконалити інфраструктуру, впровадити сучасні технології, розгляд яких буде в наступному розділі та організувати раціональне планування [6, с. 109-111].

Щоб оптимізувати транспортування треба вдатися до наступних дій:

- Проаналізувати існуючі процеси;
- Спланувати оптимальні маршрути;
- Покращити стан доріг;
- Впровадити автоматичні системи управління;
- Підвищити продуктивність техніки;
- Перенести дробарки до місця видобутку щоб зменшити відстань транспортування;
- Використовувати комбіновані системи.

До основних технічних рішень оптимізації можна віднести використання самоскидів з великою вантажопідйомністю; з метою підвищення рівня безпеки та зменшення витрат на водіїв доцільно перейти на автономні транспортні засоби; для пришвидшення гірничих робіт рекомендується застосовувати стрічкові конвеєри якщо треба транспортувати великі обсяги руди на довгі відстані, або закриті конвеєри щоб зменшити виділення пилу; використовувати автономні транспортні засоби; планування найкоротших і найдешевших

маршрутів з мінімальною кількістю підйомів та спусків; зміцнювати і вирівнювати дороги та використовувати матеріали, що знижують ступінь зношення техніки; перехід на сучасні моделі авто, де витрачається менше палива та зростає продуктивність; знизити витрати на персонал допоможуть системи безпілотного транспорту [6, с. 112-113].

Завдяки використанню комплексного підходу оптимізація системи транспортування на Ганнівському кар'єрі стане максимально ефективною. Також за допомогою нових ідей можна знизити витрати при придбанні ефективного транспорту, підвищити продуктивність роботи на кар'єрі, знизити вплив на навколишнє середовище використовуючи енергозберігаючі технології та зменшити ризик аварійних ситуацій.

#### **2.4. Мінімізація шкідливих впливів на навколишнє середовище**

«Сталий розвиток» суспільства висуває нові вимоги до природокористування. В цій концепції прописано, що всі люди мають рівні права на природні ресурси. Це стосується як теперішніх, так і прийдешніх поколінь. Там говориться, що вилучення природних ресурсів з навколишнього середовища і повернення в нього відходів виробництва повинно узгоджуватися з можливостями природи до відновлення. Тобто варто в навколишнє середовище повертати той мінімум відходів, який не зашкодить природі, а в перспективі взагалі перейти на безвідходне виробництво [6, с. 150-151].

Також технології відкритих гірничих робіт повинні бути адаптовані до принципів сталого розвитку. Головна вимога концепції полягає в тому, щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище технологічних процесів відкритих гірничих робіт. Відкрита розробка

починається з того, що пробурюється гірський масив. Такий процес провокує виділення великої кількості пилу. Щоб зменшити кількість пилу багато підприємств почали застосовувати сухе пиловловлювання та технології з повітряно-водного та повітряно-емульсійного пилопригнічення.

Пилопригнічення сухим методом сприяє випаданню крупних частинок пилового шламу. Більшість пилу осідає у шламоприймальній камері. Той пил що залишається, варто уловлювати шламоприймальною камерою та циклоном з вентилятором. Але ступінь очищення повітря цим способом досить низький. Цей спосіб ефективний тільки при очищенні повітря від дрібних фракцій розміром до 10 мкм. Але якщо додати до такого пиловловлювача тканинний фільтр, то його ефективність підвищиться до 99% при очищенні дрібних та середніх часток [15, с. 146-147].

Більш ефективною є технологія пилопригнічення повітряно-водною сумішшю, що дозволяє зменшити виділення пилу в 30-50 разів. Ця система мінімізації шкідливих впливів має сенс тільки для бурового шламу, який цементується. Тому якщо такої властивості у шламу нема, то він після висихання буде здуватися поривами вітру чи рухами транспорту. Щоб усунути деякі недоліки водно-повітряного продування, доцільно користуватися повітряно-емульсійною сумішшю. Така суміш здатна зменшити пиловиділення в 1.5-3 рази в порівнянні з водно-повітряним продуванням.

Виймально-навантажувальні роботи в відкритих кар'єрах створюють великий рівень забруднення, що недопустимо в умовах дотримання концепції «сталого розвитку». Тому щоб зменшити негативний вплив на природу при цьому виді робіт варто застосовувати обладнання з великою одиничною потужністю. Тому вчені визнали, що найкраще боротися з пилом при розвантажувально-навантажувальних роботах допомагає вода. Суть полягає в тому, щоб зволожувати гірничу

перед виїмкою та зрошувати пил під час ескавації. Зволожують пил, що розташований в масиві порід за допомогою поливальних установок на базі кар'єрних автосамоскидів.

Щоб знизити запылення при виймально-навантажувальних роботах, доцільно виносити пил з екскаваторного забою з використанням штучної вентиляції. Технічний транспорт та автодороги є основними пилогазовими забруднювачами атмосфери кар'єрів та прилеглих територій. Найбільший рівень забруднення йде саме від автосамоскидів. З цих машин виділяється велика кількість органічних компонентів, альдегідів та токсичних речовин. Щоб зменшити викиди автосамоскидів можна застосовувати наступні методи: створити малотоксичні двигуни, очищувати чи нейтралізувати відпрацьовані гази та використовувати в якості палива природний газ, який є екологічно чистим [15, с. 150-151].

Також щоб зменшити негативний вплив процесу транспортування на довкілля, можна скоротити кількість діючих автосамоскидів. Ще одним з основних процесів відкритих гірничих робіт є відвалоутворення. Без цього процесу виймання корисної копалини неможливе, оскільки її потрібно попередньо звільнити від порожньої гірської породи. Зараз досить популярне екскаваторне та бульдозерне відвалоутворення. Запыленість при екскаваторному способі залежить від фізико-механічних властивостей порід, швидкості вітру, кута повороту екскаватора, висоти розвантаження ковша та кількості одночасно розвантажуваних думпкарів. Виділення пилу при відвалоутворенні бульдозерами значно менше. Щоб адаптувати відвали кар'єрів до вимог «сталого розвитку», варто формувати висотні відвали шляхом збільшення генеральних кутів укосів до 50-60°.

Завдяки аналізу існуючих технологій видобутку корисних копалин із гірських порід, можна зрозуміти, що вимогам «сталого розвитку»

відповідають технології відкритих гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням.

Серед додаткових заходів, які допоможуть зменшити шкідливі впливи на навколишнє середовище варто розглянути створення маловідходних технологій. До них варто віднести наступні:

- Комплексне використання сировини;
- Комплексне освоєння поруч розташованих покладів корисних копалин з різним мінеральним складом;
- Комплексне освоєння родовищ з використанням порід розкриття.

В таблиці 2.1 коротко описано як потрібно зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище. В таблиці продемонстровано комплексний підхід до мінімізації шкідливого впливу [15, С. 152].

Таблиця 2.1 Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [15]

Вид шкідливого впливу	Шляхи мінімізації	Плюси для природи
Руйнування ґрунтів	Створення спеціальних майданчиків для зберігання пошкодженого ґрунту та рекультивація	Підтримка родючості земель для подальшого господарського використання чи будівництва
Знищення рослинного покриву	Після завершення розробки проводиться висаджування рослин та перенесення цінних видів в інші місця	Збереження різноманіття флори
Пилове забруднення	Використання систем пилоподавлення	Зменшується шкода для працівників підприємства

		та для місцевих мешканців
Викиди в атмосферу	Використання економних двигунів та перехід на екологічно чисті види палива	Зниження рівня забруднення та відповідність стандартам ГДК
Забруднення водойм	Очищення води перед скиданням та створення систем дренажу	Збереження чистоти водоносних горизонтів
Руйнування ландшафту	Рекультивація земель після закінчення робіт	Відновлення природного стану території
Шумове забруднення	Встановлення шумозахисних екранів, використання сучасних видів техніки з низьким рівнем шуму	Зниження негативного впливу на довкілля

Зараз головна роль на Ганнівському кар'єрі відводиться автомобільному транспорту. Також частина вантажів транспортується залізничним та конвеєрним транспортом. Щоб покращити продуктивність кар'єру, необхідно закупити більш енергоефективні автосамоскиди з більшою вантажопідйомністю. Додатково можна збільшити кількість конвеєрів (особливо стрічкових) щоб зменшити відстань транспортування гірської маси та зменшити витрати часу і фінансів на цей процес. Хоч конвеєрний транспорт дорожче автомобільного та залізничного, але його ефективність набагато вища.

### **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ І ЇЇ ПОРІВНЯННЯ З ПОТОЧНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ**

Ганнівський кар'єр введений в експлуатацію в 1969 році на потужність 13.5 млн.т. сирої руди.

В даний час глибина Ганнівського кар'єру складає 290м (розкритий горизонт -150м).

Гірничі роботи ведуться на 21 горизонтах і посуваються в північному і південно-східному напрямках.

Верхні розкривні горизонти +135м,+115м, +102м, +90м, +76м відпрацьовуються безпосередньо на залізничний транспорт.

Горизонти +60 м, +45м частково залізничним і автомобільним транспортом, всі нижче лежачі горизонти відпрацьовуються на автотранспорт із вивезенням розкривних порід на перевантажувальні пункти і частково через комплекс ЦПТ.

Вся руда із вибоїв автомобільним транспортом доставляється на комплекс ЦПТ, а далі залізничним транспортом руда вивозиться на ДЗФ-1, розкривні породи на відвал, розташований на захід від кар'єру.

Частково з комплексу ЦПТ розкривні породи залізничним транспортом вивозяться на греблю хвостосховища та на дробильно-сортувальний комплекс для виробництва щебеню, який використовується для забезпечення потреб кар'єру та цехів комбінату на будівництві та поточному утриманні залізничних та автомобільних шляхів.

Як навантажувальні механізми в кар'єрі і на відвалах використовуються екскаватори ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-6.3Ус, ЕКГ-12.5, ЕКГ-4У і драглайн ЕШ-10/50. На перевантажувальних майданчиках греблі хвостосховища і дробильно-сортувальному комплексі використовуються екскаватори ЕКГ 5А.

Як рухомий склад залізничного транспорту використовуються думпкари 2ВС вантажопідйомністю 105 тн, тепловози 2ТЕ10М, електровози ОПЕ-1А і ОПЕ 1АМ, як автотранспорт – автосамоскиди БілАЗ-75131 вантажопідйомністю 130 тн.

Для вивозки розкриву з кар'єру пройдені три системи залізничних напівтраншей: південно-східна, північно-східна і північно-західна. Частково експлуатується автомобільний виїзд по західному борту з нижніх горизонтів на автомобільні відвали.

#### **3.1. Розрахунок завантаження думпкара.**

Число ковшів гірничої маси, яка завантажується в думпкар, визначається за формулою:

а) відносно геометричній ємності думпкару

$$n_{PV} = \frac{V_{\partial} \times K_{\text{веп}}}{0,9 \times K_H \times E}, \text{ шт.} \quad (3.1)$$

де  $V_{\partial}$  - геометрична місткість думпкара, м<sup>3</sup> ( $V_{\partial} = 47,7$  м<sup>3</sup>);

$K_{\text{веп}}$  - коефіцієнт наповнення, ( $K_{\text{веп}} = 1,2$ );

$K_H$  - коефіцієнт наповнення ковша, ( $K_H = 0,9$ );

$E$  - ємність ковша екскаватора, м<sup>3</sup> ( $E = 10$  м<sup>3</sup>);

$$n_{PV} = \frac{47,7 \cdot 1,2}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 10} = 7,06 \approx 7 \text{ шт.}$$

б) відносно вантажопідйомності думпкара

$$n_{PQ} = \frac{Q_{\partial} \times K_{\text{веп}}}{K_H \times E \times \gamma}, \text{ шт.} \quad (3.2)$$

де  $Q_{\partial}$  - вантажопідйомність думпкара, т ( $Q_{\partial} = 105$  т);

$K_{\text{веп}}$  - коефіцієнт наповнення, ( $K_{\text{веп}} = 1,2$ );

$K_H$  - коефіцієнт наповнення ковша, ( $K_H = 0,9$ );

$E$  - ємність ковша екскаватора, м<sup>3</sup> ( $E = 10$  м<sup>3</sup>);

$\gamma$  - щільність породи у ковші, т/м<sup>3</sup>.

по руді  $n_{PQ} = \frac{105 \cdot 1,2}{0,9 \cdot 10 \cdot 3,2} = 4,37 \approx 5$  шт.

У подальших обчисленнях припускаємо, що кожен думпкар завантажується 5 ковшами руди та 5 ковшами скельних пустих порід.

Розрахуємо час завантаження потяга:

$$t_H = \frac{1,25 \cdot n_k \cdot T_{\text{ц}} \cdot n}{60}$$

де 1,25 – коефіцієнт враховуючий пересувку потягу;

$T_{\text{ц}}$  - час екскаваторного циклу, з ( $T_{\text{ц}} = 40$  с);

$n$  - число думпкарів у потязі, шт. ( $n = 5$  шт.,  $n = 9$  шт.);

$n_k$  - число ковшів гірничої маси, що завантажується у думпкар,

шт.;

по руді

$$t_n = \frac{1,25 \cdot 5 \cdot 40 \cdot 9}{60} = 37,5 \text{ хв.}$$

Знайдемо час розвантаження потягу:

$$t_p = 1,25 \cdot n \cdot t_{pв}, \text{хв} \quad (3.3)$$

де 1,25 - коефіцієнт враховуючий пересування потягу;

$n$  - число думпкарів у потязі, шт. ( $n = 9$  шт.);

$t_{pв}$  - час розвантаження одного думпкара, хв ( $t_{pв} = 3$ хв).

по руді:

$$t_p = 1,25 \cdot 9 \cdot 3 = 33,75 \text{ хв.}$$

Знайдемо час затримок:

$$t_{зад} = 0,5 \cdot (t_n - t_p), \text{хв},$$

де  $t_n$  - час навантажування потягу, хв;

$t_p$  - час розвантаження потягу, хв;

по скелі

$$t_{зад} = 0,5 \cdot (37,5 + 33,75) = 35,62 \text{ хв},$$

Визначимо час руху потягу:

$$t_{р.пот.} = \frac{60 \cdot L}{V_{пор}} + \frac{60 + L}{V_{гр}}, \text{хв}, \quad (3.4)$$

де  $L$  - відстань транспортування, км;

$V_{пор}$ ,  $V_{гр}$  - відповідно швидкість руху потягу в порожняковому і навантаженому стані, км/год;

по руді

$$t_{р.пот.} = \frac{60 \cdot 14,5}{20} + \frac{60 + 14,5}{20} = 47,2 \text{ хв.}$$

Час рейсу потяга визначимо по формулі:

$$T_p = t_{дв} + t_n + t_p + t_{зад}, \text{хв}, \quad (3.5)$$

де  $t_{дв}$  - час руху потягу, хв;

$t_n$  - час навантаження потягу, хв;

$t_p$  - час розвантаження потягу, хв;

$t_{зад}$  - час затримок потягу, хв;

по руді

$$T_p = 37,5 + 33,75 + 35,62 + 47,2 = 154,07 \text{ хв.}$$

Визначимо обсяг породи, перевезеної потягом:

$$V_c = n_k \cdot E \cdot \gamma \cdot n, \text{ т,} \quad (3.6)$$

де  $n_k$  - число ковшів гірничої маси, яка завантажується в думпкар, шт.;

$E$  - ємність ковша екскаватора,  $\text{м}^3$  ( $E = 10 \text{ м}^3$ );

$\gamma$  - щільність породи,  $\text{т/м}^3$ ;

$n$  - число думпкарів у потязі, шт. ( $n = 9$  шт.);

по руді

$$V_c = 5 \cdot 10 \cdot 3,2 \cdot 9 = 1440 \text{ т.}$$

Визначимо змінну продуктивність потягу:

$$Q_{зм} = \frac{60 \cdot T_{зм} \cdot K_v \cdot V_c}{T_p}, \text{ т/зм}$$

де  $T_{зм}$  - час зміни, ч ( $T_{зм} = 12$  ч);

$K_v$  - коефіцієнт використання, ( $K_v = 0,9$ );

$V_c$  - обсяг породи перевезеної потягом, т;

$T_p$  - час рейсу, хв..

по руді

$$Q_{зм} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 0,9 \cdot 1440}{154,07} = 6056,46 \text{ т/зм}$$

Знайдемо річну продуктивність потягу:

$$Q_{річ} = Q_{зм} \cdot n_{зм} \cdot n_{дн}, \text{ т/год.} \quad (3.7)$$

де  $n_{дн}$  – кількість днів роботи потягу на протязі року, (за даними залізничного цеху  $n_{дн} = 335$ );

$n_{зм}$  - кількість змін на добу, ( $n_{зм} = 2$ );

по руді

$$Q_p = 6056,46 \cdot 2 \cdot 335 = 4057828,2 \text{ т/рік.}$$

Визначимо необхідну кількість потягів:

$$N_{п} = \frac{A \times f \times \gamma}{Q_{ппі}}, \text{ шт.,} \quad (3.8)$$

де  $A$  - річна продуктивність кар'єру по руді чи скелі;  
 $f$  - коефіцієнт нерівномірності роботи кар'єру, ( $f = 1,2$ );  
 $\gamma$  - щільність подрібнених розкривних порід, ( $\gamma = 3,2 \text{ т/м}^3$ );  
 $Q_p$  - річна продуктивність потягу;

по руді

$$N_{\Pi} = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 3,2}{4057828,2} = 23,65 \approx 24 \text{ шт.}$$

Приймаємо по руді 5 потягів, а по руді – 24 потягів.

Робоче число локомотивів дорівнює числу потягів:  $N_l = N_c$

по руді  $N_l = 24$  шт.

Інвентарне число локомотивів дорівнює:

$$N_{\text{лінв}} = N_l \cdot (1 + K_{\text{рем}} + K_{\text{рез}} + K_{\text{хоз}}), \text{ шт,} \quad (3.9)$$

де  $N_l$  - робоче число локомотивів, шт;

$K_{\text{рем}}$  - коефіцієнт ремонту, ( $K_{\text{рем}} = 0,14$ );

$K_{\text{рез}}$  - коефіцієнт резерву, ( $K_{\text{рез}} = 0,1$ );

$K_{\text{госп}}$  - коефіцієнт враховуючий господарські нестатки, ( $K_{\text{госп}} = 0,07$ );

по руді  $N_{\text{лінв}} = 24 \cdot (1 + 0,14 + 0,1 + 0,07) = 31,44 \approx 32$  шт.,

Для розрахунків приймаємо 32 локомотивів.

Визначимо робоче число думпкарів:

$$N_{\text{дум}} = N_l \cdot n, \text{ шт,} \quad (3.10)$$

$n$  - число думпкарів у потязі, шт. ( $n = 9$  шт.);

по руді

$$N_{\text{дум}} = 32 \times 9 = 288 \text{ шт.}$$

Визначимо інвентарне число думпкарів:

$$N_{\text{дум инв}} = N_{\text{дум}} \cdot (1 + K_{\text{рем}} + K_{\text{рез}}), \text{ шт,} \quad (3.11)$$

де  $N_{\text{дум}}$  - робоче число думпкарів, шт.;

$K_{\text{рем}}$  - коефіцієнт ремонту, ( $K_{\text{рем}} = 0,14$ );

$K_{\text{рез}}$  - коефіцієнт резерву, ( $K_{\text{рез}} = 0,1$ );

по руді  $N_{\text{дум инв}} = 288 \times (1 + 0,14 + 0,1) = 357,12 \approx 358$  шт.

Приймаємо по руді - 358 думпкара.

### 3.2. Розрахунок завантаження автосамоскида.

Визначимо величину керівного уклону автодороги:

$$i_{\max} = D - \omega_0, \text{ ‰}, \quad (3.12)$$

де:  $\omega_0$  питомий опір кочінню, 40 кг/т;

$D$  – величина динамічного фактору,  $D = 92$  кг.

$$i_{\max} = 92 - 40 = 52 \text{ ‰}$$

#### Розрахунок часу рейсу автосамоскида.

Час рейсу автосамоскида визначається за формулою:

$$T_p = t_H + t_p + t_m + t_{\text{чек}} + t_{\text{ручу}}, \text{ хв}, \quad (3.13)$$

де:

$t_H$  - час завантаження автосамоскида, хв;

$t_p$  – час розвантаження,  $t_p = 1,5$  хв;

$t_m$  – час, необхідний на маневри,  $t_m = 2$  хв;

$t_{\text{чек}}$  – час очікування, хв;

$t_H$  – час руху автосамоскида, хв.

#### Розрахунок часу завантаження.

Час завантаження визначається за формулою:

$$t_H = t_{\text{ц}} \cdot n_K, \quad (3.14)$$

де:

$t_{\text{ц}}$  – тривалість робочого циклу екскаватора,  $t_{\text{ц}} = 0,7$  хв

$n_K$  – кількість ковшів, які завантажуються в кузов автосамоскида.

Кількість ковшів розраховується так:

$$n_K = \frac{Q \cdot k_p}{q \cdot \gamma \cdot k_H}, \quad (3.15)$$

де:

$Q = 130$ т — вантажопідйомність автосамоскида;

$k_p = 1,4$  — коефіцієнт розпушення;

$q$  — ємність ковша,  $q = 3,25$  т/м<sup>3</sup>;

$\gamma = 3,25$ т/м<sup>3</sup> — щільність породи;

$k_H = 0,8$  — коефіцієнт наповнення ковша.

Підставляємо значення:

$$n_k = \frac{130 \cdot 1,4}{3,25 \cdot 3,25 \cdot 0,8} = 7,4 \approx 8 \text{ ковшів.}$$

Час завантаження:

$$t_H = 0,7 \cdot 8 = 5,6 \text{ хв.}$$

### **Час очікування.**

Час очікування визначається за формулою:

$$t_{\text{чек}} = 0,5 \cdot (t_H + t_p), \quad (3.16)$$

де:

$$t_H = 5,6 \text{ хв;}$$

$$t_p = 1,5 \text{ хв.}$$

Підставляємо значення:

$$t_{\text{чек}} = 0,5 \cdot (5,6 + 1,5) = 3,5 \text{ хв.}$$

### **Час руху.**

Час руху розраховується за формулою:

$$t_{\text{руху}} = 60 \cdot \left( \frac{L_{\text{тр}}}{v_{\text{ср.в}}} + \frac{L_{\text{тр}}}{v_{\text{ср.п}}} \right), \quad (3.17)$$

де:

$L_{\text{тр}} = 5 \text{ км}$  — середня відстань транспортування;

$v_{\text{ср.в}} = 20 \text{ км/год}$  — середня швидкість у завантаженому стані;

$v_{\text{ср.п}} = 25 \text{ км/год}$  — середня швидкість у порожньому стані.

Підставляємо значення:

$$t_{\text{руху}} = 60 \cdot \left( \frac{5}{20} + \frac{5}{25} \right) = 60 \cdot (0,25 + 0,2) = 27 \text{ хв.}$$

### **Сумарний час рейсу**

Загальний час рейсу автосамоскида:

$$T_p = t_H + t_p + t_m + t_{\text{чек}} + t_{\text{ручу}}, \text{ хв,} \quad (3.18)$$

Підставляємо всі значення:

$$T_p = 5,6 + 1,5 + 2 + 3,5 + 27 = 39,6 \text{ хв.}$$

Або в годинах:

$$T_p = \frac{39,6}{60} = 0,65 \text{ год.}$$

Кількість рейсів автосамоскида протягом зміни визначається за формулою:

$$N_p = \frac{T_{зм}}{T_p} \cdot K_{вик}, \text{ рейсів,} \quad (3.19)$$

де:

$T_{зм}$ - тривалість зміни,  $T_{зм} = 12$  год;

$T_p$ - середній час одного рейсу,  $T_p = 0,65$  год;

$K_{вик}$ - коефіцієнт використання автосамоскидів у часі,  $K_{вик} = 0,75$ .

Підставляємо значення:

$$N_p = \frac{12}{0,65} \cdot 0,75 = 17,71 \approx 18 \text{ рейсів.}$$

Визначимо середню експлуатаційну продуктивність автосамоскидів:

$$P_{зм} = \frac{Q}{\alpha}, \text{ м}^3/\text{змину,} \quad (3.20)$$

де:  $Q$  – вантажопід'ємність автосамоскиду, 130т.;

$\alpha$  – питома вага руди, 3,4 т/м<sup>3</sup>.

$$P_{зм} = \frac{130}{3,4} \approx 38,24 \text{ м}^3/\text{рейс.}$$

$$P_{зм} = 38,24 \cdot 18 = 688,32 = 688 \text{ м}^3/\text{змину.}$$

Визначимо добову продуктивність автотранспорту:

$$P_{доб} = P_{зм} \times n_{зм}, \text{ м}^3/\text{добу,} \quad (3.21)$$

де:  $n_{зм}$  – кількість змін на добу,  $n_{зм} = 2$ .

$$P_{доб} = 688 \cdot 2 = 1376 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Річна продуктивність автотранспорту визначається за формулою:

$$P_{річ} = P_{доб} \cdot n_{днів}, \text{ м}^3/\text{рік,} \quad (3.22)$$

де:  $n_{днів}$  – кількість робочих днів на рік,  $n_{днів} = 360$  робочих днів.

$$P_{річ} = 1376 \cdot 360 = 495360 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Робочий парк автотранспорту залежить від вантажообігу кар'єра ( $V_{річ}$ ) та річної продуктивності автосамоскидів:

$$N_{\text{роб.авт.}} = \frac{V_{\text{рік}}}{\Pi_{\text{річ}}}, \text{ од.} \quad (3.23)$$

$$N_{\text{роб.авт.}} = \frac{25\,000\,000}{49536} = 50,46 \approx 51 \text{ од.} - \text{ по руді}$$

Загальна кількість автосамоскидів становитиме **51** машин.

Списочний парк автосамоскидів з урахуванням машин, які знаходяться в резерві, в ремонті, простоях, визначається за формулою:

$$N_{\text{сп}} = \frac{N_{\text{роб.авт.}}}{k_{\text{в}}}, \text{ шт.} \quad (3.24)$$

де:  $k_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання автопарку на добу,  $k_{\text{в}} = 0,75 - 0,8$ .

$$N_{\text{сп}} = \frac{51}{0,75} = 68 \text{ од.}$$

### Розрахунок пропускної здатності автодоріг

Пропускна здатність автодоріг розраховується за формулою:

$$N = \frac{1000 \cdot v \cdot k_{\text{н}}}{L}, \text{ машин/год,} \quad (3.25)$$

де:

$v$  — швидкість руху самоскида, км/год;

$k_{\text{н}}$  — коефіцієнт нерівномірності  $k_{\text{н}} = 0,5 - 0,8$ ;

$L$  — інтервал між рухом автосамоскидів, м.

### Розрахунок інтервалу між самоскидами

Інтервал між самоскидами визначається за формулою:

$$L = v^2 \cdot \left( t + \frac{O_i}{254 \cdot (\phi - \omega_0 - i)} \right) + l_a, \text{ м,} \quad (3.26)$$

де:

$v$  — середня швидкість руху,  $v = 23$  км/год;

$t$  — час реакції водія,  $t = 0,3 - 0,5$  с;

$O_i$  - коефіцієнт зчеплення при несприятливих умовах дороги,  $O_i = 0,2 - 0,25$

$\phi$  - коефіцієнт енергії обертаючих мас для автосамоскидів з електронною передачею,  $\phi = 0,1 - 0,15$

$\omega_0$  - коефіцієнт опору руху на укатаних скельних породах,  $\omega_0 = 30 - 50$ .

$i$  - уклон дороги,  $i = 0,07$

$l_a$  - довжина автосамоскида,  $l_a = 11,5$  м.

$$L = 23^2 \left( 0,5 + \frac{0,25}{254 \cdot (0,10 - 40 - 0,07)} \right) + 11,5 = 14,75 \text{ м.}$$

### Розрахунок пропускної здатності

Підставляємо значення в основну формулу:

$$N = \frac{1000 \cdot 0,8 \cdot 30}{0,5 \cdot 14,75} \approx 1250 \text{ од/год.}$$

### Розрахунок провізної здатності

Провізна здатність автодоріг розраховується за формулою:

$$M = \frac{N \cdot q_a}{F}, \text{ т/ГОД,} \quad (3.27)$$

де:

N - пропускна здатність, машин/год

$q_a = 130$  т – вантажопідйомність автосамоскида

F – коефіцієнт резерву пропускної здатності,  $F = 1,75 - 2$ .

$$M = \frac{1250 \cdot 130}{2} = 68,750 \text{ т/год.}$$

Пропускна здатність дороги становить **1250 од./год**, а провізна здатність — **68 750 т/год**.

### 3.3. Економічні розрахунки залізничного транспорту.

#### Кошторис на придбання і монтаж устаткування

Найменування устаткування	Од. вим.	Кількість	Первісна вартість, грн		Норма амортизації %	Річна сума амортизації, грн
			Одиниці	Всього		
1	2	3	4	5	6	7
Думпкари 2ВС-105	шт.	288	3215466	926054208	18,0%	759 364 451
Тепловоз EL-1	шт.	32	74226000	2375232000	12,2%	2 085 453 696
						0
Разом				3301286208		3 301 286 208
Нарахування устаткування 3,5%				115545017,3	3,5%	111 500 942
Всього				3416831225		3 412 787 150
Фонд ремонтів 10%						3 071 508 435

Розрахунок вартості матеріалів.

Назва матеріалів	Одиниця виміру	Норма витрат, грн		Вартість одиниці, грн	Сума за рік, грн
		на одиницю	на рік		
1	2	3	4	5	6
матеріали	шт.	0,0001	1039,69939	920	956523,4388
запчастини	шт.	0,00072	7481,86435	540	4040206,749
мастила	кг	0,003	31174,4348	10,2	317979,235
Запчастини до електровоза	шт.	0,0035	36370,1739	123,8	4502627,529
запчастини до думпкара	шт.	0,00248	25798,2237	115,1	2969375,548
солідол	кг	0,0052	54064,3683	10,75	581191,9592
машине мастило	кг	0,0035	36388,4787	10,925	397544,1298
Разом					13765448,59
невраховане устаткування	3,5%				13283657,89
Всього					13283657,89

### Розрахунок вартості електроенергії

Устаткування	Кількість в роботі	Встановлена потужність кВт.		Питомі витрати електроенергії кВт/т	Кількість робочих годин на рік	Річні витрати електроенергії кВт. ч.
		Одиниці	Всього			
Тепловоз EL-1	33	2100	69300	0,5	8640	598752000
Разом						251039250
Витрати, 10%						225935325
Усього						225935325
Плата за споживання елек. 0,225 грн кВт.ч.						50835448,13
Сума за рік по тарифу, грн.						50835448,13

### 3.4. Економічні розрахунки автомобільного транспорту.

#### Кошторис на придбання і монтаж устаткування

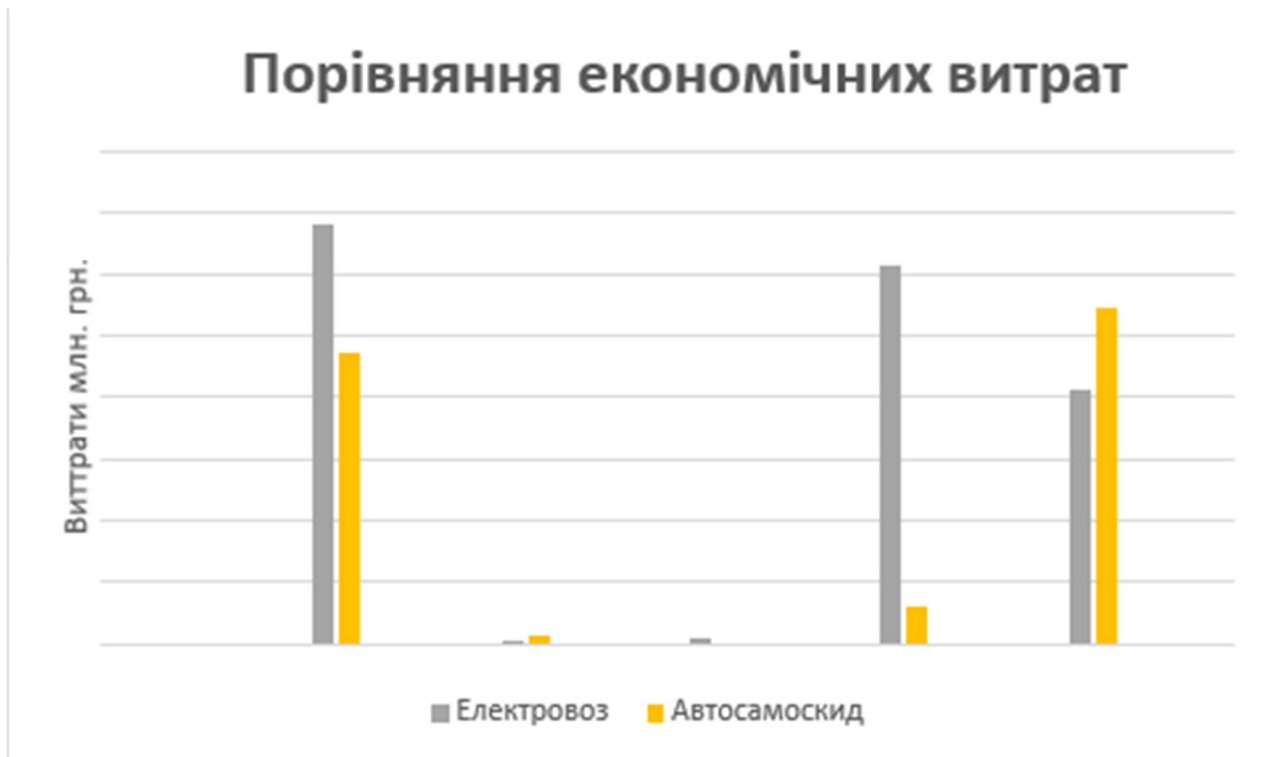
Найменування устаткування	Од. вим.	Кількість	Первісна вартість, грн		Норма амортизації %	Річна сума амортизації, грн
			Одиниці	Всього		
1	2	3	4	5	6	7
БелАЗ-75131	шт.	51	73844590	3766074090	20,0%	3 012 859 272
Разом						3 012 859 272
Нарахування устаткування 3,5%						2 907 409 197
Фонд ремонтів 10%						2 616 668 278
Всього						2 355 001 450

### Розрахунок вартості матеріалів

Назва матеріалів	Одиниця виміру	Норма витрат, грн.		Вартість одиниці, грн	Сума за рік, грн.
		на одиницю	на рік		
1	2	3	4	5	6
Шини	шт.	90000 км	90	390000	35100000
дизельне паливо	л/м куб	1500	18000	37	666000
мастильні матеріали	л/м куб	195	2340	44	102960
разом					35868960
невраховане устаткування	3,50%				34613546,4
Всього					70482506,4

### 3.5. Економічне порівняння кар'єрного транспорту.

Вид транспорту	Амортизація	Матеріали	Електроенергія	Ремонти	Разом
1	2	3	4	5	6
Електровоз	3412787150	13283657,89	50835448,13	3071508435	2056594836
Автосамоскид	2355001450	70482506,4	0	305716602,6	2731200559



## РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ В ПРОЕКТІ

### 4.1. Розробка стандартів безпеки при експлуатації кар'єрного транспорту

При експлуатації кар'єрного транспорту слід дотримуватися стандартів безпеки щоб зменшити вплив на навколишнє середовище, захистити здоров'я працівників та запобігати аваріям. Тому для Ганнівського кар'єру пропонуємо впровадити розробку наступних стандартів експлуатації:

- Розділити смуги руху для зустрічного транспорту;

- Визначити чіткі маршрути для руху бульдозерів, екскаваторів, автосамоскидів та допоміжної техніки;
- На різних ділянках кар'єру встановити максимально допустиму швидкість;
- З метою контролю швидкості обладнати весь транспорт GPS-трекерами;
- В місцях близьких до укосів та вибухових зон заборонити рух транспорту;
- Впровадити планову перевірку техніки перед початком кожної зміни;
- Встановити системи безпеки, які будуть контролювати стан оператора щоб він не заснув, а також змонтувати системи сигналізації, камери заднього виду та автоматичних гальм;
- Постійно проводити курси з підвищення кваліфікації для працівників кар'єрного транспорту;
- Кожна одиниця техніки повинна мати вогнегасники;
- З метою зменшення пилоутворення облаштувати дороги системами зрошення;
- Регулярно проводити тестування двигунів з метою перевірки на відповідність екологічним нормам [14, с. 37-38].

Якщо дотримуватися цих запропонованих стандартів на Ганнівському кар'єрі, то можна зменшити кількість аварій, підвищити продуктивність праці та створити безпечні умови для персоналу.

Якщо кар'єр має відстань до робочого місця від км чи глибину більше 100 метрів, то потрібно організовувати перевезення людей з використанням кар'єрного транспорту. Ганнівський кар'єр відповідає обом показникам, бо має глибину 275 метрів та простягається на 5 км. Людей на цьому підприємстві перевозять спеціальним автотранспортом [1].

Транспорт регулярно перевіряється інженерно-технічною службою. Графік руху та маршрути перевезення людей затверджує керівник підприємства. Максимальна швидкість руху за межами кар'єру не повинна перевищувати 60 км/год, а в його середині 30 км/год. По маршруті руху транспорту встановлені спеціальні дорожні знаки. На місці зупинки повинен встановлюватися знак «Зупинка пасажирського транспорту».

Все гірниче та транспортне обладнання, мережі зв'язку, електропостачання та транспортні комунікації доцільно розміщувати на робочих майданчиках уступів поза межами призми обвалення. Параметри призми обвалення визначає геологічна маркшейдерська служба. Відстань по горизонтальному положенню між робочими місцями екскаватора, а також механізмами, що розташовані на двох суміжних по вертикалі уступах, повинна становити мінімум півтора максимальних радіуси черпання [11, с. 32-33].

#### **4.2. Визначення вимог до персоналу**

Ганнівський кар'єр відноситься до складу гірничо-збагачувального комбінату і є одним із його підрозділів. Комбінат забезпечує штат працівників санітарно-побутовими приміщеннями відповідно до нормативів. Також на промисловому майданчику встановлено медично-оздоровчий пункт, де працівники можуть пройти обстеження та отримати направлення на медичне обслуговування у разі необхідності.

Працівників комбінату підвозять на спеціальному автотранспорті в напрямку промислового майданчика. Також у працівників є спеціальні талони, завдяки яким вони можуть безкоштовно їздити міським транспортом. Сюди входять автобуси разом з тролейбусами компанії КП «Міський тролейбус».

Всі працівники повинні слідувати правилам техніки безпеки [11, с. 16-17].

Щоб працівники справно виконували свою роботу та були у безпеці під час проведення всіх видів робіт в кар'єрі, вони повинні дотримуватися наступних вимог:

- Під завантаження руди на транспортні засоби вони повинні відходити на безпечну відстань, щоб вберегтися від травм;
- Водій може виконувати задній хід автомобіля тільки після вказівки іншого працівника, який зайнятий в цих роботах;
- Перед початком роботи працівники обов'язково повинні перевіряти електричні кабелі екскаваторів на предмет пошкодження щоб убезпечити себе від можливого ураження струмом;
- Щоб не травмуватися під час вантажних робіт, водій повинен вийти з кабіни машини на безпечну відстань;
- Щоб уникати ДТП, водій повинен пройти медичний огляд, прослухати інструктаж з правил дорожнього руху та можливих небезпек, які можуть чатувати при виконанні робіт, а також перед виїздом перевіряти технічний стан свого транспортного засобу.

Додатково робітники Ганнівського кар'єру повинні дотримуватися заходів з виробничої санітарії та гігієни праці:

- Щоб пил від руди не потрапляв в легені працівників, вони повинні користуватися засобами індивідуального захисту, тобто респіраторами;
- Працівники повинні носити теплий одяг щоб не піддаватися ризику переохолодження;

- З метою забезпечення нормального рівня освітлення на майданчику повинно бути обладнання, яке забезпечує яскравість на рівні 30 лк [11, с. 26-27].

Вимоги до деяких видів професій для роботи в Ганнівському кар'єрі описані в таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1 Вимоги до персоналу [5, с. 150-151]**

Посада	Основні вимоги	Додаткові вимоги
Фахівець з безпеки праці	Знання правил з охорони праці та досвід проведення інструктажів	Наявність сертифікатів з охорони праці та вміння бути комунікабельним
Еколог	Здатність оцінювати вплив на довкілля, мати екологічну освіту	Досвід роботи з моніторинговими екологічними системами
Технік з обслуговування техніки	Знання електроніки, механіки та гідравліки; володіння навичками діагностики	Знання стандартів безпеки та досвід роботи у кар'єрах

Продовження таблиці 4.1 Вимоги до персоналу

Оператор дробильної установки	Навички проведення Т\О та знання принципів роботи дробарок	Вміння усувати несправності в роботі установки
Водій самоскида	Досвід роботи на такій техніці та наявність прав відповідної категорії	Навички керування габаритним транспортом у складних умовах
Машиніст екскаватора	Знання правил техніки безпеки та досвід роботи з важкою технікою	Фізична витривалість та уважність до деталей
Гірничий інженер	Навички проектування, знання технологій видобутку та вища технічна освіта	Вміння працювати з програмним забезпеченням для проектування

### 4.3. Перевірка технічного стану транспортних засобів

Перевірку технічного стану засобів виконує відділ технічного контролю. Також це повинен робити водій, який заступає на зміну. Така процедура є критично важливою для гірничих підприємств. Щоб перевірити технічний стан транспортного засобу потрібно звернути увагу на такі моменти:

- Проведення оцінки зовнішнього стану транспортного засобу;
- Протестувати роботу сигналів та освітлювальних приладів;
- Візуально перевірити чи шини є цілими;
- Продивитися чи достатньо охолоджувача, гідравлічних рідин та пального;
- Проходити регулярні ТО автомобіля за графіком;
- Після роботи в складних умовах проводити додаткові перевірки технічного стану;

- Періодично влаштовувати технічну діагностику.

До об'єктів перевірки транспортного засобу входять:

- Гідравлічна система;
- Електроніка;
- Ходова частина;
- Гальма;
- Двигун і трансмісія.

Для перевірки технічного стану можна використовувати спеціалізоване обладнання:

- Віброметри – оцінка роботи підшипників та обертових частин;
- Аналізатори мастила – ними проводять ранню діагностику зношення двигуна та визначають стан масла;
- Тепловізори – ними виявляють можливість перегріву під час роботи;
- Діагностичні сканери – оцінюють електронні та механічні системи.

Завдяки регулярній перевірці технічного стану транспортних засобів, можна забезпечити безпечні умови праці в кар'єрі. Техніка буде стабільно працювати та економити ресурси. Підвищити ефективність перевірки технічного стану допоможуть новітні системи діагностики та моніторингу [9, с. 92-93].

#### **4.4. Заходи щодо зниження впливу транспорту на навколишнє середовище**

Є два види робіт які забруднюють атмосферу (постійно діючі) та (підривні). При виконанні розробки родовища повітря забруднюється токсичними газами, пилом, парами, які утворюються унаслідок

природних процесів окислювання, вивітрювання та при роботі машин і станків.

Внаслідок роботи кар'єрів і відбуваються ще такі види порушень, які провокують погіршення стану навколишнього середовища:

- Геомеханічні – змінюється природна структура гірського масиву, рельєф місцевості, поверхневий шар землі та структура ґрунтів;
- Гідрогеологічні – у річки та інші водойми виносяться шкідливі речовини добуті з надр землі;
- Хімічні – змінюються властивості та склад гідросфери і атмосфери;
- Фізико-механічні – забруднюється та підігрівається повітря.

Також в місцях відкритих розробок відбувається вирубування лісів та порушується рослинний покрив. Порушення земної поверхні проводиться унаслідок розкриття корисних копалин у місці кар'єру. При вилученні гірських порід просідає ґрунт [9, с. 73-74].

Величезна кількість пилу і газу в атмосферу виділяється під час масового підриву порід. За один вибух може виділятися від 6000 до 8000 м<sup>3</sup> шкідливих газів та до 200 тон пилу. Також при транспортуванні гірничої маси автотранспортом, також виділяється пил у великих кількостях. Ще кількість виділеного пилу додають вантажно-розвантажувальні роботи.

Для того щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, потрібно запровадити наступні заходи:

- Зменшити викиди забруднюючих речовин;
- Зменшити пилоутворення;
- Знизити рівень шуму та вібрацій;
- Раціонально використовувати ресурси;

- Організувати спеціальні місця для збору та утилізації небезпечних відходів;
- Регулярно вести спостереження за станом навколишнього середовища в зоні роботи транспорту;
- Проводити інструктажі для водіїв щодо екологічно безпечної експлуатації кар'єрного транспорту.

Якщо впровадити ці заходи на Ганнівському кар'єрі, то є можливість істотно знизити вплив кар'єрного транспорту на навколишнє середовище, а також забезпечити сталий розвиток гірничодобувної сфери та зберегти достатню кількість природних ресурсів для прийдешніх поколінь [12, с. 39-40].

## ВИСНОВКИ

Ганнівський кар'єр розташований в Дніпропетровській області в передмісті Кривого Рогу і є одним з найбільших залізрудних кар'єрів України. Він простягається на 5 кілометрів та має максимальну глибину 275 метрів. Він є досить потужним родовищем, де видобуток ведеться за допомогою циклічно-потокової технології. В ході написання курсової роботи було вирішено наступні завдання:

Проаналізовано дослідження та літературні джерела, де описані технології вдосконалення транспортування гірничої маси на кар'єрах з видобутку залізної руди. Завдяки цьому дослідженню можна зрозуміти, що вдосконалення технологій транспортування гірничої маси дасть змогу зрозуміти, що воно направлене на підвищення ефективності, зниження витрат та на мінімізацію екологічного впливу.

Проаналізовано транспортні роботи на території Ганнівського кар'єру. Виявлено що транспортування гірничої маси є основним етапом видобутку залізної руди. Цей кар'єр має великий потенціал для вдосконалення цього напрямку. Завдяки впровадженню сучасних технологій можна не тільки зменшити фінансові витрати, але й забезпечити комфортні умови праці без ризику для здоров'я працівників.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ганнівський кар'єр: веб-сайт: URL: <https://zhovtivody.dp.ua/tourism/gannivskyj-kar-yer/>.
2. Відкриті гірничі роботи: Ч. I. Процеси відкритих гірничих робіт [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво»/ О.О.Фролов, Т.В.Косенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 151 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4207ff1a-1598-4252-8b31-ef2c66ed091b/content>.
3. Дриженко А. Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник. Дніпропетровськ: НГУ, 2014. 590 с.
4. Сутність відкритих гірничих робіт. Файловий архів студентів: веб-сайт: URL: <https://studfile.net/preview/5370805/>.
5. Бабій К. В. Геохімічні основи Perezбачення руди в глибоких залізородних кар'єрах: дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: 05.15.09/ Дніпро інст. геотехнічної механіки ім. С. М. Полякова НАН України. Дніпро, 2019. 480 с.
6. Бакка М.Т. Організація і планування маркшейдерських та гірничих робіт: Навчальний посібник. Житомир: ЖДТУ, 2006. 356 с.
7. Організація безпечного проведення підривних робіт на кар'єрах. Файловий архів студентів: веб-сайт: URL: <https://studfile.net/preview/4494366/page:21/>.
8. Лашко Р. В. Удосконалення технології роботи перевантажувальних пунктів в умовах кар'єру Полтавського ГЗК: робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»: 184/ Дніпро, 2020. 62 с.
9. Л.Н. Ширін, О.С. Пригунов, О.В. Денищенко. Транспортні комплекси кар'єрів: навч. посібник. Дніпро: НГУ, 2015. 241 с.

10. Цимбалов В. С. Організація удосконалення перевезень та вантажопереробки марганцевої руди на АТ Покровський ГЗК: робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»: 275/ Запоріжжя, 2020. 109 с.
11. Череп О. Є. Вдосконалення технології буро-вибухових робіт в умовах Ганнівського кар'єру Північного ГЗК: робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»: 184/ Дніпро, 2020. 85 с.
12. Транспортні системи гірничих підприємств/ Маланчук З. Р., Корнієнко В. Я., Сорока В. С., Васильчук О. Ю. Рівне: НУВГП, 2018. 190 с.
13. Транспортні машини і комплекси гірничих підприємств: веб-сайт:  
URL:  
[https://wiki.donntu.edu.ua/view/Транспортні машини і комплекси гірничих підприємств](https://wiki.donntu.edu.ua/view/Транспортні_машини_і_комплекси_гірничих_підприємств).
14. Бондаренко А. О. Гірничі машини для відкритих робіт: навч. посібник. Дніпро: НГУ, 2017. 123 с.
15. Козлова Л. М., Просандеев М. І. Основні шляхи адаптації технологій відкритих гірничих робіт до вимог сталого розвитку суспільства. Екологія і природокористування. 2011. № 14. С. 143-160. URL:  
<http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/57435/13-Prosandeev.pdf?sequence=1>.
16. Пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт Ганнівського кар'єру.