

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний технічний університет**  
**«Дніпровська політехніка»**

**Навчально-науковий інститут природокористування**

**Кафедра відкритих гірничих робіт**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи магістра**

Студента Поліщука Олександра Васильовича  
(ПІБ)  
академічної групи 184м-23-7 ІІІ, ННІП  
(шифр)  
спеціальності 184 Гірництво  
(код і назва спеціальності)  
за освітньо-професійною програмою «Відкрита розробка родовищ»

на тему: «Підвищення ефективності відвальних робіт в умовах Єристівського ГЗК при використанні геоінформаційних технологій»  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
Теоретичний	Анісімов О.О.			
Дослідницький	Анісімов О.О.			
Технологічний	Анісімов О.О.			
Охорона та безпека праці	Анісімов О.О.			
Економічний	Анісімов О.О.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Анісімов О.О.			
----------------	---------------	--	--	--

**Дніпро**  
**2024**

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
*Відкритих гірничих робіт*

\_\_\_\_\_ Собко Б. Ю.  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
ступеня \_\_\_\_\_ *магістр* \_\_\_\_\_  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Поліщуку Олександр Василювичу академічної групи 184М-23-7 ІІІ  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ 184 Гірництво

за освітньо-професійною програмою «Відкрита розробка родовищ»  
(офіційна назва)

на тему: «Підвищення ефективності відвальних робіт в умовах  
Єрстівського ГЗК при використанні геоінформаційних технологій»  
(назва за наказом ректора)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від  
№ \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
1.	Збір вихідних даних роботи кар'єру і відвалу ЄГЗК	01.09 – 31.10.24
2.	Підготовка матеріалів до теоретичного розділу	01.10 – 31.10.24
3.	Підготовка матеріалів до дослідницького розділу	01.11 – 15.11.24
4.	Підготовка матеріалів технологічного, охорони праці й економічного розділів.	15.11 – 30.11.24

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

\_\_\_\_\_ *О.О. Анісімов*  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.09.24р.

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

\_\_\_\_\_ *О.В. Поліщук*  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 8 рис., 17 табл., 3 додатки, 12 посилань.

**Об'єкт дослідження.** Параметри технологічних схем відвалоутворення і оптимальних переміщень транспорту на відвал №5 Єристівського ГЗКа з використанням геоінформаційних технологій.

**Предмет дослідження.** Процес транспортування порід розкриву на зовнішній відвал з наступним його формуванням бульдозерами в умовах розробки Єристівського родовища.

**Ідея роботи** – встановити параметри технологічних схем транспортування порід розкриву від драглайнів до бульдозерного відвалу з використанням методу лінійного програмування і геоінформаційних технологій.

**Мета кваліфікаційної роботи** – обґрунтування схем переміщення транспортних засобів при вивезенні порід розкриву на зовнішній відвал з використанням геоінформаційних технологій в умовах розробки Єристівського родовища.

### **Вихідні дані для проведення роботи:**

- паспорт роботи відвального обладнання, бульдозерів та транспортного обладнання, технологічні схеми відвалоутворення;
- характеристики обладнання, що використовують при відвальних роботах в умовах діючого відвалу №5 Єристівського ГЗК;
- ситуаційний план, геологічні розрізи родовища, план кар'єру, пояснювальна записка робочого проекту розробки родовищ
- геоінформаційна модель кар'єра та відвалу №5 Єристівського ГЗК.

### **ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ**

**Наукова новизна.** Встановлені параметри технологічних схем переміщення порід розкриву, та визначені ефективної схеми відвалоутворення при використанні геоінформаційних технологій.

**Практична цінність.** Розглянуті технологічні схеми проведення відвальних робіт на зовнішньому відвалі №5 Єристівського ГЗК, встановлено оптимальну схему переміщення порід розкриву автосамоскидами від вибоїв драглайнів до місць розвантаження для створення відвалу бульдозерами.

**Економічний ефект.** Впровадження результатів роботи дозволяє найбільш ефективно використовувати автомобільне, бульдозерне обладнання при створенні зовнішніх відвалів.

**Галузь застосування.** Робота може бути використана на гірничому підприємстві де застосовують автомобільний транспорт та бульдозерне відвалоутворення. Використання геоінформаційних технологій дозволяє створювати модель відвалу, організовувати транспортні роботи і визначати об'єми робіт в умовах розробки родовища Єристівського ГЗК.

**Ключові слова:** гірничі роботи, геоінформаційна модель, зовнішній відвал, лінійне програмування.

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1	Загальна характеристика родовища та показники роботи кар'єру Єристівського ГЗКа .....	7
1.2	Огляд джерел, пов'язаних з вдосконаленням геоінформаційних систем, технологією відвалоутворення та транспортування порід розкриву.....	17
1.3	Постановка проблеми, ідея, мета і завдання наукового дослідження .....	19
2	ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	21
2.1	Дослідження формування технологічних схем ведення відвальних робіт на Єристівському ГЗК .....	21
2.2	Методика дослідження технологічних схем транспортування порід розкриву з використанням геоінформаційних технологій .....	26
2.3	Аналіз отриманих даних .....	30
	Висновки до розділу 2.....	31
3	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	32
3.1	Технологія ведення відвальних робіт при розробці кар'єру Єристівського ГЗКа.....	32
3.2	Визначення параметрів транспортних і відвальних робіт при доставці розкриву на відвал №5.....	35
3.3	Організація робіт при будівництві зовнішнього відвалу з урахуванням прийнятих рішень.....	41
3.4	Аналіз технологічних рішень.....	43
	Висновки до розділу 3.....	44
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА.....	45
4.1	Заходи щодо охорони праці та промислової безпеки.....	45
4.2	Вимоги безпеки при транспортуванні порід.....	46
4.3	Вимоги безпеки при відвалоутворенні.....	48
4.4	Порядок допуску людей на виконання робіт.....	50

		5
5	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	51
5.1	Визначення техніко-економічних показників при транспортуванні порід розкриву.....	51
5.2	Розрахунок економічної ефективності від впровадження результатів дослідження.....	53
	Висновки за розділом 5.....	53
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
	ДОДАТОК А. Відгук керівника на кваліфікаційну роботу магістра.....	57
	ДОДАТОК Б. Відгук рецензента кваліфікаційну роботу магістра.....	58
	ДОДАТОК В. Довідка про плагіат роботи.....	59

## ВСТУП

Провідне місце під час видобутку корисних копалин посідає прогресивний відкритий спосіб розробки, на частку якого припадає понад 70% загального обсягу видобутих корисних копалин. Такому широкому його розвитку значною мірою сприяло і сприяє впровадження в практику результатів наукових досліджень зі створення нових і вдосконалення наявних технологій, організації відкритих гірничих робіт.

Основними технологічними напрямками подальшого вдосконалення технології відкритих гірничих робіт є: підвищення ефективності технологічних схем шляхом комплексної механізації гірничих робіт та оптимізації параметрів використовуваного устаткування, розробка та впровадження нових технологічних схем із включенням техніки циклічної дії, раціональна комплектація устаткування, всебічне розширення сфери застосування прогресивних технологічних рішень із використанням спеціально створеного кар'єрного устаткування, а також застосування техніки циклічної дії.

У кваліфікаційній роботі пропонується дослідити та визначити найбільш економічно обґрунтовану схему транспортування порід розкриву на основі використання геоінформаційної моделі з наступним формуванням зовнішнього бульдозерного відвалу. Детально проаналізовано транспортні роботи, на підставі яких розроблено пропозиції щодо їх подальшого вдосконалення та підвищення ефективності відвалоутворення.

## 2. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Дослідження формування технологічних схем ведення відвальних робіт на Єристівському ГЗК

Пропонується під час розвитку розкривних горизонтів і транспортування порід розкриву від вибою екскаватору до поверхні розміщення зовнішнього відвалу №5 визначити ефективні схеми транспортування наявними дорогами з урахуванням об'ємів гірничої маси, яку вивозять із вибоїв. У кар'єрі ПрАТ «Єристівський ГЗК» є екскаватори, що виймають породи розкриву (драглайни та типу механічна лопата. При цьому екскаватори задіяні на різних верхніх горизонтах в основному їх розміщення це східний або північний борт.

Розвиток гірничих робіт у кар'єрі відбувається в північному напрямку з подальшим поглибленням.

У середньому відвантажується із вибоїв 15,06 млн м<sup>3</sup> м'яких розкривних порід, в основному представлених піском четвертинного і харківського стратиграфічних горизонтів. Річні обсяги виїмки відповідають прийнятим у проекті розкриття Єристівського родовища.

Розподіл обсягів гірничих робіт за горизонтами наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Горизонти, м	Розкрив із вибою		Розкрив зі складу		Всього розкриву	
	тис. м <sup>3</sup>	тис. т	тис. м <sup>3</sup>	тис. т	тис. м <sup>3</sup>	тис. т
	$\gamma = 2,0 \text{ т/м}^3$		$\gamma = 2,0 \text{ т/м}^3$			
+68			400	800	400	800
+68/+60	3376	6752			3376	6752
+60/+50	6930	13860			6930	13860
+50/+43	3191	6382			3191	6382
+43/+33	1563	3126			1563	3126
ИТОГО	15060	30120	400	800	15460	30920

Протяжність фронту гірничих робіт і ширина робочих майданчиків на Єристівському кар'єрі наведено в таблиці 2.2.

Параметри наявного кар'єру

Довжина активного фронту	Середня ширина робочого майданчика, м	
	проект	факт
1250	40	40

Дослідження транспортування пропонується провести з урахуванням наявних доріг, що ведуть від вибоїв до відвалу. Відстань транспортування визначалась з урахуванням того, що всі дороги сходяться в одній точці, це в'їзд на відвал, а потім на відвалі визначені три локації для розвантаження. Відлік відстаней здійснюється від вибою до точок розвантаження.

Для дослідження застосовується методика лінійного програмування (симплекс-метод) і розв'язання транспортної задачі як найбільш застосовної в цій роботі.

Для дослідження використовувалися наявні графічні матеріали плану кар'єра в масштабі (рис. 2.1, 2.2, 2.3).

Транспортна задача. Умовно кажучи, у вас є гірнична маса, розташована на кількох горизонтах. Необхідно доставити гірничу масу кількома вантажопотоками - при цьому є вибір із кількох маршрутів.

Вартість перевезення буде відрізнятися залежно від кількості вантажу, що перевозиться, і дальності шляху. Мінімізувати потрібно сумарні витрати на перевезення вантажу. Уведемо потрібні позначення, нехай  $n$  - кількість горизонтів, а  $m$  - кількість точок призначення (доріг). Через  $C(i,j)=c_{ij}$  позначимо вартість перевезення однієї одиниці вантажу з  $i$ -го вибою до  $j$ -ї локації розвантаження на відвалі.



а



б



в

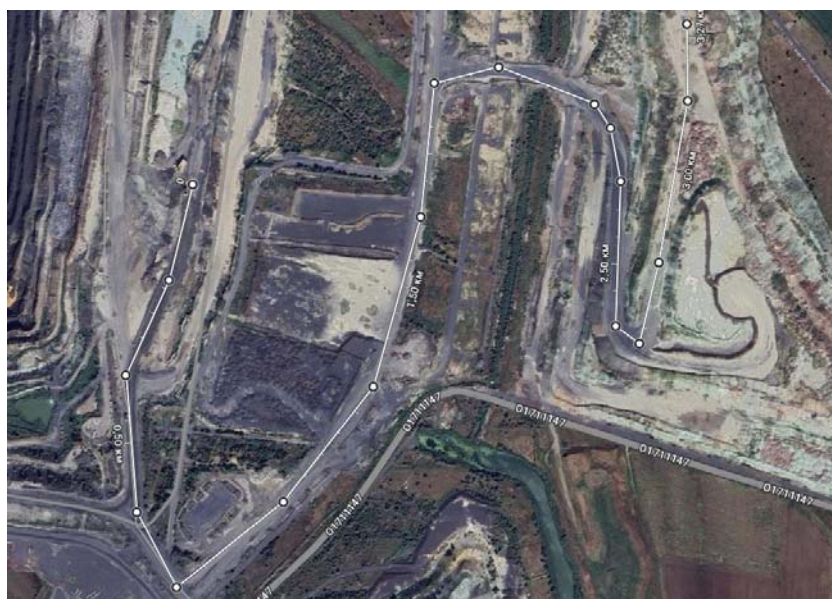


Рисунок 2.1 - Схеми розміщення транспортних шляхів під час доставки від **вибою №1**: а – відвальний майданчик №1; б – відвальний майданчик №2; в – відвальний майданчик №3

а



б



в

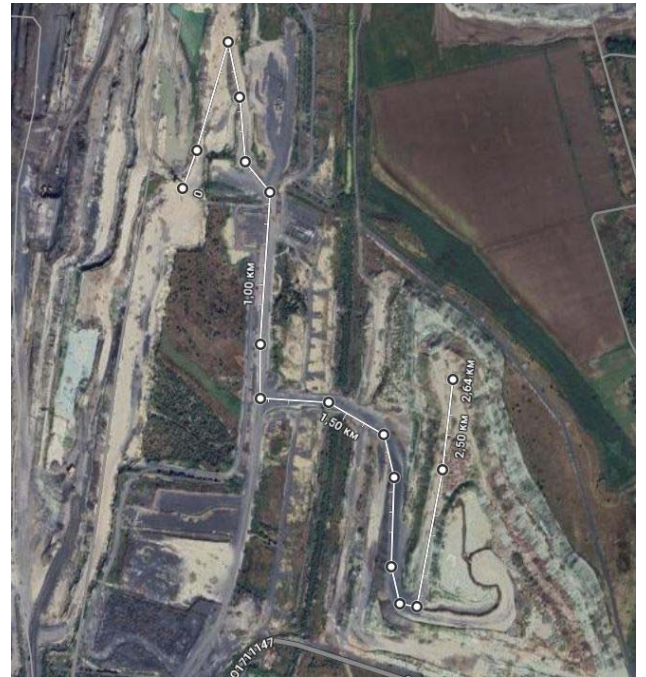


Рисунок 2.2 - Схеми розміщення транспортних шляхів під час доставки від *вибою №2*: а – відвальний майданчик №1; б – відвальний майданчик №2; в – відвальний майданчик №3

а



б



в

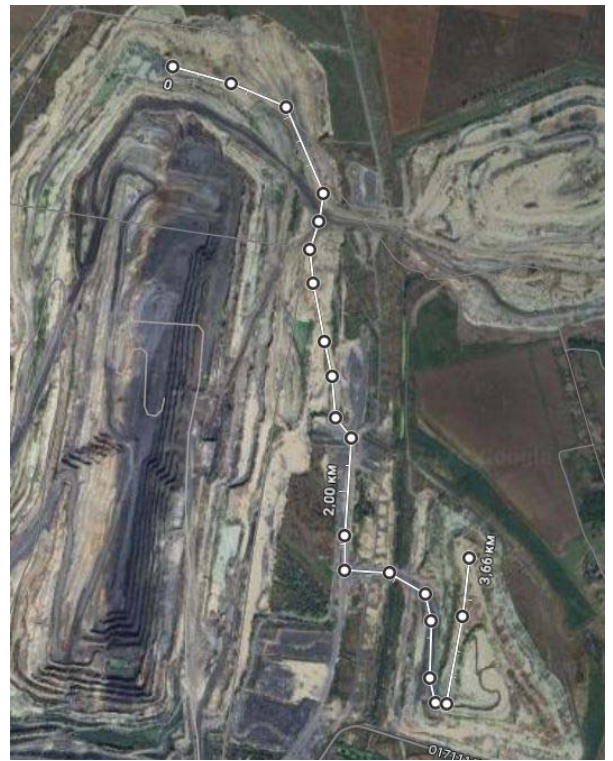


Рисунок 2.3 - Схеми розміщення транспортних шляхів під час доставки від **вибою №3**: а – відвальний майданчик №1; б – відвальний майданчик №2; в – відвальний майданчик №3

## 2.2 Методика дослідження технологічних схем транспортування порід розкриття з використанням геоінформаційних технологій

При цьому  $a(i)=a_i$  означає запас вантажу біля  $i$ -го вибою на горизонті, а  $b(j)=b_j$  - потреба відповідного вантажообігу. Зрозуміло, що загальна вартість перевезення обчислюється як сума всіх витрат на перевезення гірничої маси від кожного вибою по кожній дорозі до відповідного відвального майданчику. Нехай вас не лякає така загальна постановка задачі, якщо з якогось вибою не можна перевезти гірничу масу, наприклад через невідповідне розташування, то відповідне  $b$  можна встановити рівним нулю.

Тепер можна перейти до математичного формулювання задачі. Мовою формул задача матиме такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

за таких обмежень:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \text{ обмеження запасів на горизонті у } i\text{-го вибою}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \text{ обмеження вантажообігу наявними дорогами}$$

$x_{ij} \geq 0, c_{ij} \geq 0, a_i \geq 0, b_j \geq 0$ , умови наявних обмежених запасів, вартості, запасу  $i$ -го вибою і вантажообігу дорогою більші за 0.

$$i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n.$$

Залишається розв'язати транспортну задачу.

Існує два різновиди транспортної задачі - відкрита і закрита. Закрита задача характеризується тим, що сумарна потреба всіх точок відвалу дорівнює сумарним запасам усіх вибоїв. Тобто, весь об'єм гірничої маси з усіх вибоїв буде розміщено у відвалі. Математично це пишеться як

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j.$$

У відкритій задачі сумарна потреба і сумарні запаси не збігаються. Наприклад, з якогось вибою не вивозять заплановану масу повністю,

з'являються залишки гірничої маси. У цьому разі процес розв'язання транспортної задачі трохи ускладнюється, потрібно ввести фіктивний вибій або відвальний майданчик з нульовими вартостями перевезень.

Під час розв'язання лінійної задачі використано програму Excel з пакетом «Пошук рішення». Вартість перевезення гірничої маси становить 15,1 грн. на ткм.

1. Заповнюється масив вартості перевезення гірничої маси з урахуванням відстані транспортування. Для отримання достовірних даних щодо відстані транспортування використовуємо геоінформаційні технології у вигляді 3D моделі кар'єру і відвалу №5 (рис. 2.4).

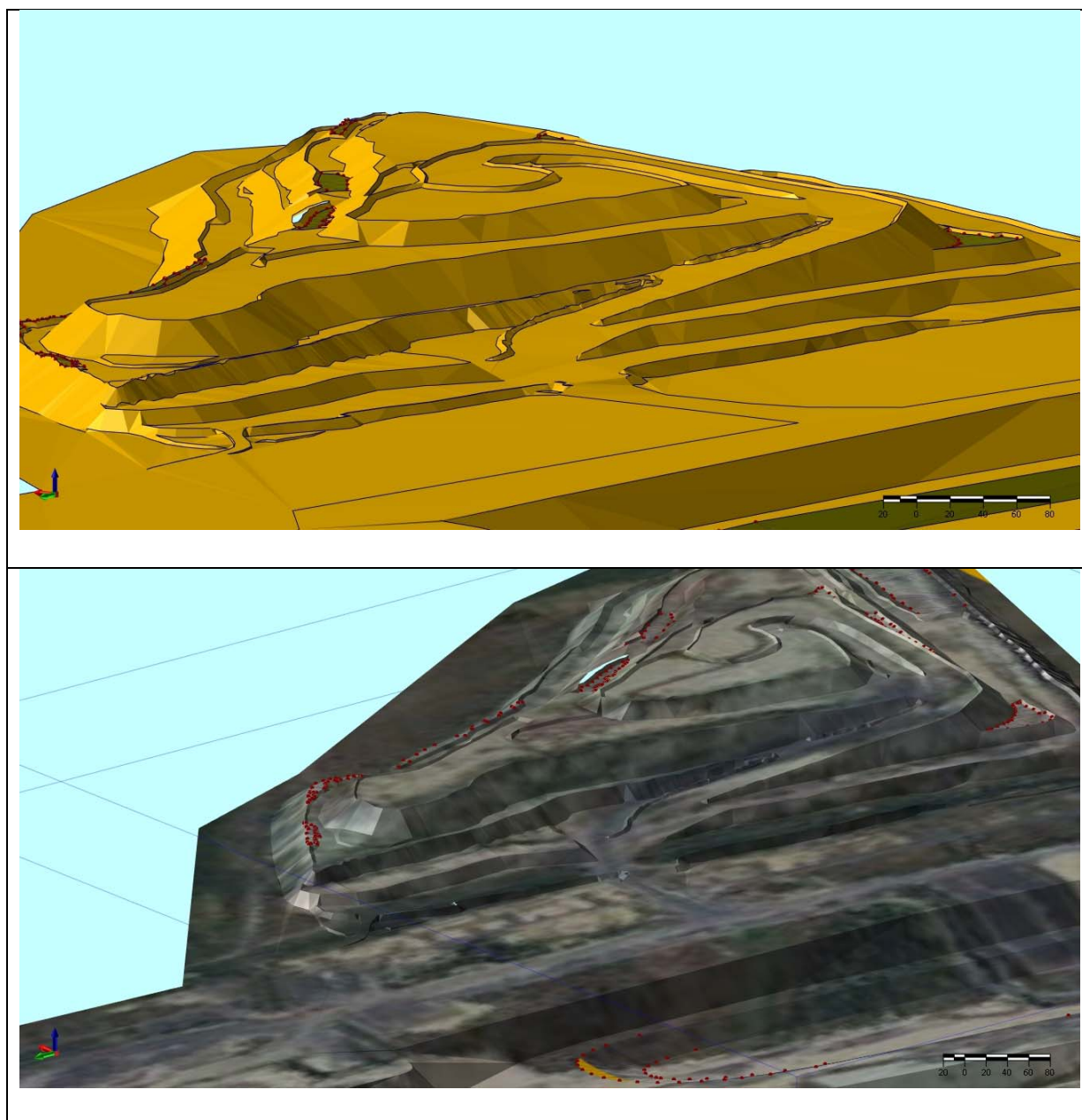


Рисунок 2.4 – 3D модель кар'єра та відвала №5 в програмі Micromine

Відповідно з використанням 3D моделі кар'єру і відвалу №5 отримані значення відстані транспортування що наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Відстань транспортування від забою до відвальних майданчиків відвалу №5

Відстань, м	Майданчик №1	Майданчик №2	Майданчик №3
Вибій №1	3050	3010	3270
Вибій №2	2420	2430	2640
Вибій №3	3430	3350	3660

	A	B	C	D	E
1					
2		Обмеження по вантажообігу			
3	Вартість грн.ткм	Майданчик №1	Майданчик №2	Майданчик №3	
4	Вибій №1	46,055	45,451	49,377	
5	Вибій №2	36,542	36,693	39,864	
6	Вибій №3	51,793	50,585	55,266	
7					
8					

Вартість перевезень порід розкриття від вибою до відвальних майданчиків відвалу №5 (**Вихідний масив**) наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Вартість перевезення порід розкриття від вибоїв до відвальних майданчиків

Вартість грн.ткм	Майданчик №1	Майданчик №2	Майданчик №3
Вибій №1	46,055	45,451	49,377
Вибій №2	36,542	36,693	39,864
Вибій №3	51,793	50,585	55,266

2. Здійснюємо розрахунок симплекс методом через «Пошук рішення»

10						
11	Вантажообіг	Майданчик №1	Майданчик №2	Майданчик №3		Обмеження вивозу від вибою, т
12	Вибій №1	307	6226	8367	14900	14900
13	Вибій №2	8060	0	0	8060	8060
14	Вибій №3	0	2140	0	2140	2140
15		8367	8366	8367	1113035	
16		8367	8366	8367		
17		Обмеження по вантажообігу, т				
18						

Об'єми перевезень від вибою до відвальних майданчиків відвалу №5 за наявними дорогами (масив даних що отримується) наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

## Масив даних отриманих симплекс методом

Вантажообіг	Майданчик №1	Майданчик №2	Майданчик №3		Обмеження вивозу від вибою, т
Вибій №1	307	6226	8367	14900	14900
Вибій №2	8060	0	0	8060	8060
Вибій №3	0	2140	0	2140	2140
	8367	8366	8367	1113035	
	8367	8366	8367		
	Обмеження по вантажообігу, т				

3. Отримуємо звіт про стійкість «Транспортної задачі» ) табл. 2.6 з обмеженнями табл. 2.7

Таблиця 2.6

## Комірки перемінних

Комірка	Ім'я	Кінцеве значення	Наведена вартість	Цільова функція коефіцієнт	Допустиме збільшення	Допустиме зменшення
\$B\$12	Вибій №1 Майданчик №1	307	0	46,055	0,604	0
\$C\$12	Вибій №1 Майданчик №2	6226	0	45,451	0,755	0,604
\$D\$12	Вибій №1 Майданчик №3	8367	0	49,377	0	1E+30
\$B\$13	Вибій №2 Майданчик №1	8060	0	36,542	0	1E+30
\$C\$13	Вибій №2 Майданчик №2	0	0,755	36,693	1E+30	0,755
\$D\$13	Вибій №2 Майданчик №3	0	0	39,864	1E+30	0
\$B\$14	Вибій №3 Майданчик №1	0	0,604	51,793	1E+30	0,604
\$C\$14	Вибій №3 Майданчик №2	2140	0	50,585	0,604	1E+30
\$D\$14	Вибій №3 Майданчик №3	0	0,755	55,266	1E+30	0,755

## Обмеження

Комірка	Ім'я	Кінцеве значення	Тінь Ціна	Обмеження Права сторона	Допустиме Збільшення	Допустиме Зменшення
\$B\$15	Майданчик №1	8367	36,542	8367	0	8060
\$C\$15	Майданчик №2	8366	35,938	8366	0	6226
\$D\$15	Майданчик №3	8367	39,864	8367	0	8060
\$E\$12	Вибій №1	14900	9,513	14900	8060	0
\$E\$13	Вибій №2	8060	0	8060	0	1E+30
\$E\$14	Вибій №3	2140	14,647	2140	6226	0

### 2.3. Аналіз отриманих даних

З урахуванням рішення завдання симплекс методом отримані значення при розв'язанні транспортної задачі встановлені оптимальні шляхи переміщення порід розкриву від екскаваторних вибоїв до місць розвантаження на відвалі №5:

- від вибою №1 породи розкриву пропонується переміщувати до розвантажувального майданчика №1 у кількості – 307 тис. т, до майданчика №2 – 6226 тис. т, майданчика №3 – 8367 тис.т. Це забезпечить вивезення 14900 тис. т на рік з мінімальними витратами;

- від вибою №2 породи розкриву пропонується переміщувати до розвантажувального майданчика №1 у кількості – 8060 тис. т, до майданчика №2 та №3 перевезення відсутні. Забезпечується вивезення 8060 тис. т на рік з мінімальними витратами;

- від вибою №3 породи розкриву пропонується переміщувати до розвантажувального майданчика №2 у кількості – 2140 тис. т, до майданчика №1 та №3 перевезення відсутні. Забезпечується вивезення 2140 тис. т на рік з мінімальними витратами.

Вантажообіги можуть бути змінені під час короткострокового планування з урахуванням готовності відвальних майданчиків до приймання порід розкриву і наявної техніки (бульдозерів) в локаціях складування порід розкриву. Також треба враховувати зміну локацій вибоїв під час посування фронту робіт. Тобто задача має переглядатися через якийсь час.



## Висновки до розділу 2

В кваліфікаційній роботі виконано дослідження і розв'язання транспортної задачі при переміщенні порід розкриву від вибоїв до відвалу №5 з формуванням технологічних схем відвальних робіт на відвалі Єристівського ГЗК. Під час транспортування порід розкриву застосовується автомобільний транспорт і бульдозерне відвалоутворення.

З використання геоінформаційних технологій визначена відстань транспортування порід розкриву від екскаваторних вибоїв до відвалу №5. Під час аналізу роботи відвалу визначені три локації розміщення відвальних порід з різними рівнями за горизонтом. Відстані транспортування становлять від 2420 до 3660 м, що задовольняє використання автосамоскидів в даних умовах.

Для визначення ефективної схеми транспортування з наступним складуванням порід розкриву в роботі застосовано програму Excel з додатком «Аналіз даних» де за допомогою симплекс методу визначені оптимальні значення перевезень порід розкриву до локацій на зовнішньому відвалі №5.

Рішення задачі дозволяє перерозподілити визначені об'єми з відповідних горизонтів виймання (екскаваторні вибої) з урахуванням собівартості переміщення порід розкриву на три відвальні майданчики відвалу. Основні об'єми порід розкриву від вибою №1 переміщують на відвальний майданчик №2 и №3 відповідно 6226 та 8367 тис. т, від вибою №2 породи переміщують на майданчик №1, а від вибою №3, що розташований на півночі об'єми транспортування складають 2140 тис. т.

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Технологія ведення відвальних робіт при розробці кар'єру Єристівського ГЗКа

Відпрацювання родовища передбачає складування порід розкриву у бульдозерних відвалах, а в подальшому частково з порід формується внутрішній відвал. Розробка кар'єра здійснюється за транспортною системою із застосуванням великовантажних самоскидів Caterpillar 789C, Caterpillar 793D (вантажопідйомністю 180 і 220 тон відповідно) та зовнішнім відвалоутворенням.

У якості виїмально-навантажувального обладнання застосовуються драглайни ЕШ-11/70, ЕШ-14/50 і екскаватори Terex RH-200. Екскаватори ЕШ-11/70 використовуються переважно для проходки осушувальних траншей та їх поглиблення, ЕШ-14/50 - для розроблення м'яких порід розкриву. На допоміжних роботах застосовується екскаватор Hitachi ZX 850LC [2].

На планувальних роботах, влаштуванні автоз'їздів, відвалоутворені та інших роботах використовуються гусеничні бульдозери Caterpillar D10T, колісні бульдозери Caterpillar 844 і автогрейдери Caterpillar 16H.

Розкривні породи Єристівського родовища представлено наносами (суглинки, піски і глини) і скельними породами, частина яких (плагіограніти, мігматити, безрудні кварцити і метапісковики) в обсязі 184,6 млн. м<sup>3</sup> (у контурах проєктованого кар'єра) перебувають на балансі підприємства як сировина для виробництва щебеню.

Розкривні породи передбачається розміщувати в зовнішніх відвалах, розташованих уздовж східних бортів Єристівського кар'єра (відвали А5) і кар'єра Дніпровського рудоуправління (відвали А4), а також у внутрішніх відвалах у виробленому просторі Єристівського кар'єра.

На площі, що проєктується під відвали А4 і А5 (у межах наявного землеотводу) було виконано інженерно-геологічні вишукування.

Рельєф під відвалами А4 і А5 практично рівний, з абсолютними відмітками 66,5- 70,0 м. Максимальна глибина промерзання ґрунту становить 1,0 м.

Геологічний розріз на глибину буріння до 24,0 м представлений четвертинними делювіально-алювіальними та алювіальними відкладеннями у вигляді суглинків, супісків, порошкоподібних, дрібних пісків і пісків середньої крупності, підстеленими палеогеновими алевритами та глинами.

На території сучасні фізико-геологічні процеси зумовлені природними та техногенними чинниками.

Природні чинники представлені розвитком солончаків і заболочених ділянок у знижених ділянках рельєфу, а також площинним поверхневим змивом та ерозійними процесами еолового вивітрювання на ділянках слабого розвитку рослинного шару.

Болота, які знаходяться на території, що відводиться, розташовані вздовж водовідвідного каналу, у сільському господарстві не використовуються. У весняний період у знижених місцях території, а також у старицях тимчасових водотоків утворюються заболочені ділянки, де водоупором слугують делювіальні суглинки і глини, що залягають над пісками. У результаті природного випаровування на цих ділянках утворюються солончаки з рясними заростями очерету.

Ґрунтово-рослинний шар із земельних ділянок зніматиметься, в основному, з території відвалів А5, складуватиметься в тимчасові бурти з подальшим використанням для рекультивації порушених земель.

Таблиця 3.1

## Річні об'єми виймання порід розкриття

Вибій	Горизонт , м	Породи розкриття		у тому числі			
				Скала		Наноси	
		тис. м <sup>3</sup>	тис. т	тис. м <sup>3</sup>	тис. т	тис. м <sup>3</sup>	тис. т
				$\gamma = 3,0 \text{ т/м}^3$		$\gamma = 2,0 \text{ т/м}^3$	
№3	+60	1070	2140			1070	2140
№2	+43	4030	8060			4030	8060
№1	+23	7450	14900			7450	14900
Всього			25100				25100

Параметри стійких кутів (укосів ярусів, результуючий кут), а також висота ярусів і загальна висота відвалу були прийняті на підставі рекомендацій і наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Найменування		Показники	
		Відвал А4	Відвал А5
Розміри:			
– довжина, м		3000	4600
– ширина, м		1200	1800
– висота, м		100	100
– площа, га		470,0	715,0
Абсолютна відмітка основи, м		68	70
Ємність відвалу, млн.м <sup>3</sup>		255,240	498,915
Кількість ярусів, шт.		5	5
Висота ярусу, м		20	20
Стійкий кут ярусу відвалу, град.		30-37°	30-37°
Результуючий кут укошу відвалу, град.		19°	16°

За способом відвалоутворення зовнішні відвали є бульдозерними. Обсяги складування за ярусами у відвал А5 наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

## Об'єми складування за ярусами у відвал А5

Пункти приймання порід розкриву	Розкриття, млн. м <sup>3</sup> (в розпушеному стані)				
	Всього	2012 г.	2013 г.	2022-2026 гг.	2027-2047 гг.
Ярус +70 м/90м	134,5	(7,94)	–	54,45	72,11
Ярус +90 м/110м	116,0	(3,26)	(1,09)	40,00	71,65
Ярус +110 м/130м	100,0	–	(1,59)	23,60	74,81
Ярус +130 м/150м	82,0	–	–	15,10	66,90
Ярус +150 м/170м	66,415	–	–	6,30	60,115
Всього	498,915 (13,88)	(11,20)	(2,68)	139,45	345,585
Примітка – В скобках вказан об'єм складування в межах існуючого земельного відводу					

### 3.2. Визначення параметрів транспортних і відвальних робіт при доставці розкриву на відвал №5

**Параметри технологічних схем зовнішніх відвалів.** На Єристівському ГЗК застосовується бульдозерне відвалоутворення з використанням автосамоскидів у якості основних транспортних засобів на рис.



Рисунок 3.1 – Зовнішній бульдозерний відвал Єристівського ГЗК

#### *Параметри майданчиків для розвороту автосамоскидів*

Експлуатація автомобільного транспорту на відвальному майданчику передбачає створення валу, який огорожує з метою безпеки ведення робіт.

Мінімально припустима ширина верхньої площадки з умови маневрування автосамоскиду з тупиковою схемою розвороту

$$B_{min} = R_a + 0,5v_a + 0,5l_a + Z + l_e = 14,2 + 0,5 \cdot 7,7 + 0,5 \cdot 12,86 + 8 + 3 = 36 \text{ м} \quad (3.1)$$

де  $R_a$  – радіус повороту автосамоскиду, м;

$v_a$  – ширина кузова автосамоскиду, м;

$l_a$  – довжина автосамоскиду, м;

$Z$  - ширина призми можливого обвалення поверху, (6-8 м)

$l_e$  – ширина валу, що огорожує, у основі, 2,5-3 м.

Мінімальна ширина відвальної площадки при кільцевому розвороті автосамоскидів складає

$$Ш_{p.n.} = 2 v_n + 2R + a_2 + C_2 = 2 \cdot 5 + 2 \cdot 14,2 + 8 + 2,5 = 49 \text{ м} \quad (3.2)$$

де  $v_n$  - ширина призми обрушення (для відвального ярусу висотою 20 м і куті укосу ярусу  $40^\circ$   $v_n = 5$ м);

$R$  – радіус повороту автосамоскиду за зовнішнім колесом, м;

$a_2$  - ширина автодороги (при одно смуговому русі –  $a_2 = 8$  м);

$C_2$  – відстань від нижньої бровки уступу до краю проїзної частини автодороги, ( $C_2 = 2,5$  м)

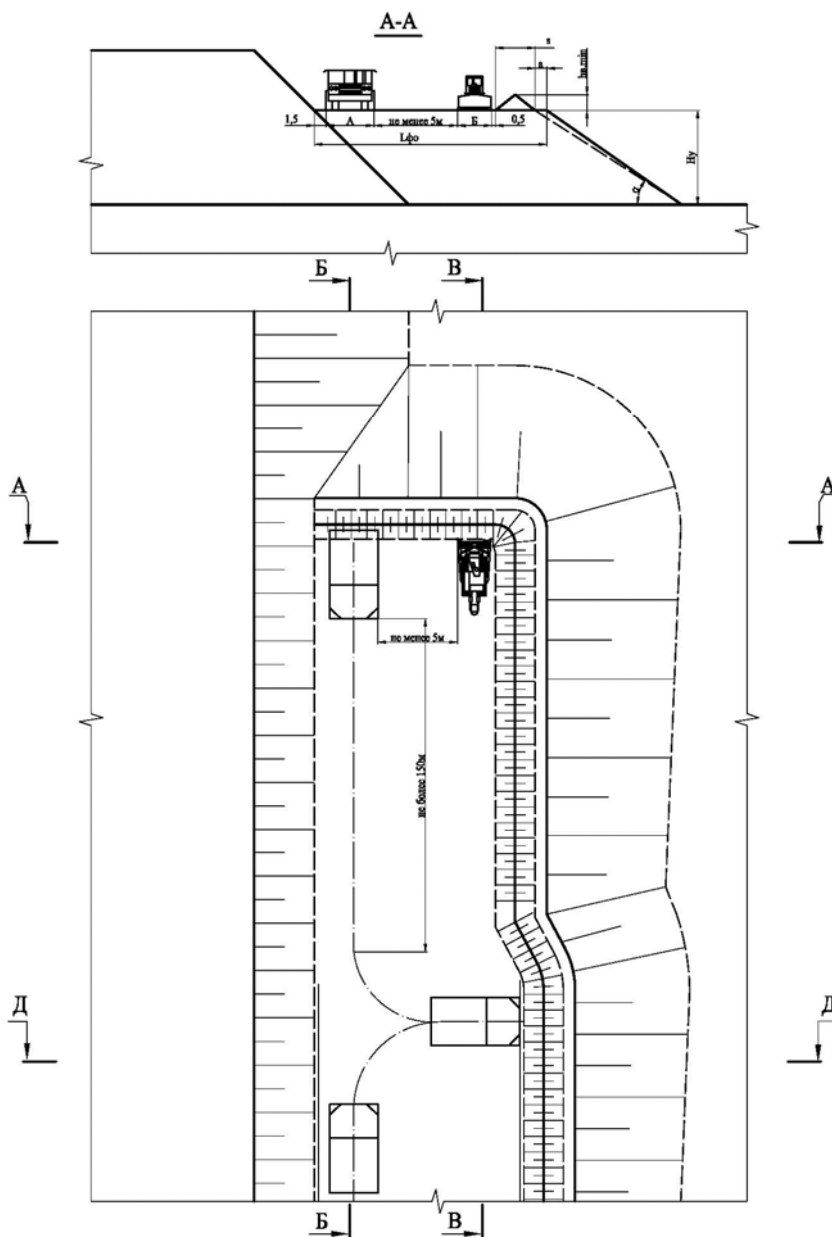


Рисунок 3.2 – Технологічна схема формування зовнішнього бульдозерного відвалу з тупиковим розворотом автосамоскида

### **Кар'єрний транспорт.**

На теперішній час забезпечений транспортний зв'язок робочої зони кар'єру з поверхнею з двома системами з'їздів – східний та західний. Гірничі роботи відбуваються на робочих майданчиках на горизонтах 60 м, 43 м, 23 м, 10 м,  $\pm 0$  м, мінус 15 м, мінус 30 м, мінус 45 м, мінус 60 м, мінус 90 м і мінус 105 м.

Для технологічних доріг в кар'єрі, призначених для руху великовантажних автосамоскидів, приймаються проєктні параметри поперечного профілю, що керуються таблицею 7.19 (СОУ-Н МПП 73.020-078-2: 2008), з урахуванням особливо складних умов. Особливо складні умови включають рельєфні, геологічні та гідрологічні умови для гірничих робіт.

На технологічних дорогах і тимчасових виїздах в кар'єр і на сміттєзвалищах для забезпечення безпеки руху транспортних засобів, з боку розвиненого простору на їх узбіччях доріг передбачено орієнтуючий вал з гірничих порід. Згідно нормативних вимог висота валу становить  $1/2$  діаметра колеса розрахованого автомобіля.

Покриття доріг в кар'єрі виконано з декількох шарів щебню порід розкриву різних фракцій, які укладають з наступним ущільненням.

Під час маневрування на майданчику відвалу автосамоскиди здійснюють тупиковий або кільцевої розворот автосамоскиду з розвантаженням порід під укіс. Транспортування порід розкриву здійснюється великовантажними автосамоскидами Caterpillar 793D (рис. 3.3) вантажопідйомністю 220 т (табл. 3.4)



Рисунок 3.3 – Автосамоскид на відвалі

Таблиця 3.4

Технічні характеристики автосамоскиду Caterpillar 793D

Характеристика	Показник
Вантажопідйомність, т	220
Колісна формула	4×2
Місткість кузова, м <sup>3</sup> (з шапкою)	112,6-151 (162-191)
Основні розміри, мм:	
Довжина	12862
Ширина	7680
Висота	7375
Мінімальний радіус повороту, м	14,2
Максимальна швидкість руху км / год	54,3
Швидкість перекидання, сек	20,25
Номінальна вага автосамоскиду, т	383,8

### Розрахунок параметрів при переміщенні порід розкриву до відвалу №5

Пропускна здатність автодороги при використанні Caterpillar 793D [6]

$$N = \frac{1000 \cdot V \cdot n_n \cdot K_n}{l_0}, \text{ авт / год} \quad (3.3)$$

$$N = \frac{1000 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 0,5}{60} = 208 \text{ авт / год}$$



де  $V$  - середня швидкість руху автосамоскиду в кар'єрі, 25 км / год;

$n_n$  - число смуг руху автосамоскидів в одному напрямку;

$K_n$ -коефіцієнт нерівномірності руху автосамоскидів;

$l_0 = 50-60$  м - безпечна відстань між автомобілями, що рухаються один за одним.

### Розрахунок елементів рейсу автосамоскиду

Продуктивність автосамоскиду визначається за формулою:

$$P_a = \frac{60 \times A}{T}, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (3.4)$$

де  $A$  - обсяг гірничої маси в кузові автосамоскиду Caterpillar 793D з «шапкою» (170 м<sup>3</sup>);

$T$  - тривалість рейсу, хв.

$$T = \frac{60 \times L_2}{V_2} + \frac{60 \times L_n}{V_n} + t_p + t_n + t_m + t_{np} + t_{ож} , \text{ хв} \quad (3.5)$$

де  $L_2$  – середня відстань транспортування навантаженого автомобіля від екскаваторного вибою до місця розвантаження, 3 км;

$L_n$ - відстань транспортування порожнього автомобіля, км;

$V_2$  - швидкість руху навантаженого автомобіля, (25 км / год);

$V_n$  - швидкість руху порожнього автомобіля, (30 км / год);

$t_p$  - час розвантаження автомобіля (0,3 хв);

$t_n$  - час навантаження автомобіля, хв;

$t_m$  - час маневрів, (1,0мін);

$t_{ож}$  - час очікування, (1,0 хв).

Час рейсу, продуктивність і робочий парк автосамоскидів необхідний на один забій до розвантажувального пункту (майданчика) на зовнішньому відвалі:

### Час рейсу

$$T = \frac{60 \times 3}{25} + \frac{60 \times 3}{30} + 0,3 + 9,5 + 1,0 + 1,0 = 25 \text{ хв.}$$

### Продуктивність

$$P_a = \frac{60 \times 170}{25} = 408,0 \text{ м}^3 / \text{год}$$

### Робочий парк

$$P_n = \frac{P_k K_{cym} K_u}{P_a \cdot P} = \frac{3588 \times 0,8 \times 0,94}{408 \times 6} = 2 \text{ автосамоскиди} \quad (3.6)$$

де  $P_k$  - змінна продуктивність одного екскаваторного вибою, 3588 м<sup>3</sup>;

$K_{cym}$  - коефіцієнт добової нерівномірності перевезень, 0,8-0,95;

$P$  - число годин роботи в зміну, год. ;

$K_u = 0,94$  - коефіцієнт використання автосамоскидів (при шести годинній роботі):

Інвентарний парк автосамоскидів визначиться з урахуванням коефіцієнта технічної готовності  $K_{m.g.} = 0,9$  і округленням до цілого числа автомашин:

$$N = \frac{P_n}{K_{m.g.}} = \frac{2}{0,9} = 2,2 \text{ машин} \quad (3.7)$$

Експлуатаційна продуктивність автосамоскиду визначається за формулою

$$P_a = \frac{60 \cdot C_m \cdot T \cdot K_u}{T_p} = \frac{60 \cdot 220 \cdot 6 \cdot 0,9}{25} = 2851 \text{ т / зм} \quad (3.8)$$

де  $C_m$  - вантажопідйомність автосамоскиду, т;

$T$  - тривалість робочої зміни, годин;

$K_u$  - коефіцієнт використання автосамоскидів, 0,7-0,9.

Приймається три автосамоскидів Caterpillar 793D, що працюють разом з одним екскаватором та перевозять породи розкриву на зовнішній відвал.

**Визначення продуктивності бульдозера.** Продуктивність бульдозера при виробництві відвальних робіт на майданчику складе:

$$Q_b = \frac{3600 \cdot V_{\Pi} \cdot a_{\Pi} \cdot K_v \cdot K_{укл}}{T_{\Pi} \cdot K_p}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.9)$$

де  $V_{\Pi}$  – обсяг породи в пухкому стані, переміщений відвалом бульдозера, м<sup>3</sup>

$K_p$  – коефіцієнт розпушення породи, 1,2;

$a_{\Pi}$  – коефіцієнт, що враховує втрати породи в процесі її переміщення:

$$a_{\text{п}} = 1 - l_{\text{п}} \cdot \beta;$$

де  $\beta = 0,008$ ;  $l_{\text{п}}$  – довжина переміщення породи, 5-30 м;

$$a_{\text{п}} = 1 - 6 \cdot 0,008 = 0,952;$$

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання в часі, 0,8;

$K_{\text{укл}}$  – коефіцієнт враховуючий ухил на ділянці роботи, 1;

$T_{\text{ц}}$  – тривалість циклу, з:

$$T_{\text{ц}} = \frac{\frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_3}{V_3} + \frac{l_4}{V_4} + t_0 + 2t_{\text{пов}}}{3600}, \text{ с} \quad (3.10)$$

де  $l_1$  - шлях завантаження, 1 м;

$l_2$  – шлях переміщення породи, 5-30 м;

$l_3$  – шлях розвантаження, 0,5-1 м;

$l_4$  – шлях порожнього бульдозера, 5-33 м;

$V_1$  – швидкість бульдозера при завантаженні, 0,4 м/с;

$V_2$  – швидкість бульдозера при транспортуванні, 0,7 м/с;

$V_3$  – швидкість при розвантаженні, 0,7 м/с;

$V_4$  – швидкість порожнього бульдозера, 1,1 м/с;

$t_0$  – час на перемикання передач, 5 с;

$t_{\text{пов.}}$  - час на один поворот бульдозера, 10 с.

В результаті розрахунків продуктивність бульдозера CAT D10T з переміщенням порід розкриття на відстань 10 м, протягом зміни тривалістю 8 годин буде становити 12863 м<sup>3</sup>/зм.

### 3.3. Організація робіт при будівництві зовнішнього відвалу з урахуванням прийнятих рішень

Безпосередній контроль і керування відвалоутворенням здійснює маркшейдерська група. Ця група здійснює контроль за загальним порядком і розвитком фронту відвалоутворення. Періодично відбувається систематичний візуальний й інструментальний нагляд за станом і деформаціями відвалів. При

виявленні видимих дефектів відвал закривають, на в'їзді встановлюють заборонні написи і червоні прапорці. Потім організуються ремонтні роботи.

Забороняється здійснювати роботи при несталому зсуві порід на відвалі. Ділянка зсуву захищається відповідними прапорцями або іншими попереджувальними знаками.

При подачі автосамоскиду під розвантаження, автосамоскид повинен бути на відстані не ближче 5 м від бульдозера. Якщо на розвантаженні вже перебуває автосамоскид, то наступний автосамоскид необхідно встановлювати праворуч від встановленого на розвантаженні автосамоскиду і на відстані не менш 5 м. Розвантаження автосамоскиду при несправному піднімальному механізмі не здійснюється.

Після того як автосамоскид розвантажився необхідно опустити кузов, при неопущеному кузові після розвантаження рух автомобіля заборонений. Дистанція при русі автосамоскидів по кар'єрних дорогах і по маневрово-розвантажувальній площадці перевантажувального пункту, повинна становити по сухому покриттю 1 м на 1 км/годину швидкості руху автомобіля. При мокрому покритті дистанція збільшується в 1,5 рази, в ожеледь в 3 рази. Швидкість руху автосамоскиду без вантажу повинна бути не більше 30 км/годину. Рух автосамоскиду на затяжних спусках при непрацюючому двигуні не повинне допускатися. При подачі автомобіля під розвантаження заднім ходом необхідно переконатися в безпеці руху. Стежити за під'їздом задніх коліс до упору. При наближенні до нього включити передачу й загальмувати автомобіль. Не допустимо заїзд автосамоскиду на упор. Зона роботи бульдозера і зона розвантаження автосамоскидів розмежована зоною розділу ( у вигляді виїмки довжиною по верху перевантаження 10 м).

Робота бульдозера на розвантажувальному пункті полягає в плануванні маневрово-розвантажувальної площадки і зштовхування породи під укіс після розвантаження автосамоскидів. Також бульдозер споруджує огорожуючий вал. Розмір огорожуючого валу становить у висоту 1/2 від діаметра колеса автосамоскиду. У зоні розвантаження забороняється стоянка автосамоскидів, бульдозерів й інших транспортних засобів. Робота бульдозера при плануванні

і зштовхуванні породи під укіс допускається тільки відвалом вперед, перпендикулярно брівці укошу.

На початку кожної ранкової зміни, гірничий майстер що обслуговує відвальну ділянку робить візуальний огляд ділянки. І залежно від заповнення секторів регулюється інтенсивність подачі автотранспорту. Подача як автотранспортних засобів регулюється гірничим диспетчером.

У разі виявлення можливого зрушення гірської маси роботи на відвалі припиняються до зупинки процесів руйнування ярусу. Яруси формуються послідовно починаючи з нижнього і по верхній. Після формування зовнішнього відвалу проводиться його подальша гірничотехнічна і біологічна рекультивация.

### **3.4. Аналіз технологічних рішень**

Відповідно до розрахунків мінімально припустима ширина верхнього майданчику зовнішнього відвалу за умови маневрування автосамоскиду за тупиковою схемою розвороту становить – 36 м. Мінімальна ширина відвального майданчику при кільцевому переміщенні автосамоскидів становить згідно розрахунків 49 м (приймається 50 м).

Для транспортування порід розкриву в умовах Єристівського ГЗК використовують великовантажні автосамоскиди Caterpillar 793D з вантажністю 220 т. Розрахункова продуктивність автосамоскидів при транспортуванні на середню відстань 3 км складає 2851 т/зм. Розрахункова кількість автосамоскидів на один екскаваторний вибій становить 3 автосамоскиди.

Формування зовнішнього відвалу №5 здійснюється гусеничними бульдозерами. Застосування гусеничного бульдозера на зовнішньому відвалі забезпечує економію витрат пального протягом зміни. Згідно технічних характеристик застосування бульдозера CAT D10T протягом зміни (8 годин) призведе до використання 2544 літрів дизельного палива.

### **Висновки до розділу 3**

Розробка кар'єра здійснюється за транспортною системою із застосуванням великовантажних самоскидів Caterpillar 789C, Caterpillar 793D (вантажопідйомністю 180 і 220 тон відповідно) та зовнішнім бульдозерним відвалоутворенням.

Для виймання та завантаження порід розкриву застосовуються драглайни ЕШ-11/70, ЕШ-14/50 і екскаватори Terex RH-200.

В розділі визначені основні параметри відвального майданчика з урахуванням способу маневрування транспортних засобів (автосамоскидів). Також виконані розрахунки продуктивності гусеничних бульдозерів САТ D10Т і кількості автосамоскидів, що переміщують породи розкриву від одного вибою в умовах Єристівського ГЗКа. Встановлено що для переміщення порід розкриву з одного вибою необхідно 3 автосамоскиди з продуктивністю 2851 т/зміну. Продуктивність бульдозера САТ D10Т становить 12863 м<sup>3</sup>/зм, що дозволяє у повному обсязі виконати роботи з відвалоутворення.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи виконано дослідження схем переміщення та складування порід розкриву з використанням програмного продукту Micromine. Це дозволило визначити відстані транспортування порід від вибоїв до приймальних майданчиків бульдозерного відвалу. Дослідження показують, що використання сучасних геоінформаційних технологій дозволяє більш точно отримувати вихідні данні щодо можливих схем транспортування порід розкриву і складування їх на відвалах.

Виконано аналіз положення кар'єрних виробок і вантажопотоків, що існують на кар'єрі ПрАТ «Єристівський ГЗК». Обґрунтовані можливі транспортні шляхи переміщення порід розкриву від вибоїв з урахуванням розкриття і положення гірничих виробок з використанням програмного комплексу Micromine.

Проведено дослідження розміщення горизонтів і майданчиків на відвалі №5 із застосуванням методу лінійного програмування (симплекс-метод) та вирішена транспортна задача переміщення порід розкриву від вибоїв.

Виконано розрахунок параметрів технології видобутку і переміщення порід розкриву в умовах ПрАТ «Єристівський ГЗК».

Порівнянна економічна ефективність переміщення і складування порід розкриву від вибоїв до зовнішнього бульдозерного відвалу.

Визначено собівартість транспортування від вибою №1 до відвалу №5 яка становить – 57,44 грн/м<sup>3</sup>, при транспортуванні від вибою №2 відповідно – 63,18 грн/м<sup>3</sup>, а при переміщенні порід розкриву від вибою №3 – 68,93 грн/м<sup>3</sup>.