

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій  
Кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

«Допущено до захисту»  
Гарант ОПП

Костянтин МОЙСЕЄНКО

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Відкрита розробка родовищ»  
за спеціальністю 184 Гірництво

**на тему «Удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв в умовах Глеюватського кар'єру ПРАТ Центральний ГЗК»**

Керівник роботи

В'ячеслав Каменець

Консультант від  
бази практики

Андрій Пашков

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

Здобувач

Вадим Артеменко

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

Голова ЕК

Ігор Тонєв

Запоріжжя 2026

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
 Факультет гірничо-металургійний  
 Кафедра гірничої справи  
 Ступінь  
 вищої освіти бакалавр  
 Спеціальність ГСв-22-16  
 ОПП Відкрита розробка родовищ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Гарант освітньої програми

Ольга БОГОМАЗ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

ЗАВДАННЯ  
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

**Артеменко Вадим Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи « **Удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв в умовах Глеюватського кар'єру ПРАТ Центральний ГЗК**»

керівник роботи доцент Каменець В'ячеслав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 23.02.26 № 41/23.02.2026

2. Термін подання роботи

3. Вихідні дані до роботи Гірничо-геологічні умови кар'єрів ПРАТ «Центральний ГЗК», технологічна, технічна, економічна документація комбінату, зібрана під час проходження передатестаційної практики бакалаврів, інформація з власного виробничого досвіду, науково-технічна та періодична література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань)1 Аналіз гірничо-геологічних та технологічних умов Глеюватського кар'єру ПРАТ ЦГЗК  
2 Аналіз технологічної схеми та параметрів екскаваторних вибоїв  
3 Удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв та оцінка ефективності  
4 Заходи охорони праці і техніки безпеки при виконанні технологічних процесів  
Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

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

Розділ	Прізвище ініціали та посада консультанта
1	доцент Каменець В.І.
2	доцент Каменець В.І.
3	доцент Каменець В.І.
4	доцент Каменець В.І.

7. Дата видачі завдання 30.04.2026

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз гірничо-геологічних та технологічних умов Глеюватського кар'єру ПРАТ ЦГЗК	05.2026	Виконано
2	Аналіз технологічної схеми та параметрів екскаваторних вибоїв	05.2026	Виконано
3	Удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв та оцінка ефективності	06.2026	Виконано
4	Заходи охорони праці і техніки безпеки при виконанні технологічних процесів	06.2026	Виконано

Керівник роботи



Каменець В.І.

Здобувач

Артеменко В.М.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>1. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ГЛЕЮВАТСЬКОГО КАР'ЄРУ ПРАТ «ЦГЗК»</b>	
1.1 Загальна характеристика підприємства .....	8
1.2 Геологічна будова родовища .....	10
1.3 Гірничо-технічні умови розробки .....	13
1.4 Фактичний стан гірничих робіт .....	16
1.5 Система розробки і механізація виробничих процесів .....	20
<b>2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ ЕКСКАВАТОРНИХ ВИБОЇВ</b>	
2.1 Основні параметри екскаваторних вибоїв.....	30
2.2 Вплив гірничо-геологічних умов на параметри вибою.....	32
2.3 Аналіз роботи екскаваторів у кар'єрі.....	36
2.4 Виявлення недоліків у організації екскаваторних робіт.....	40
2.5 Вантаження гірничої маси на перевантажувальному пункті кар'єру.....	44
<b>3. УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕКСКАВАТОРНИХ ВИБОЇВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ</b>	
3.1 Розробка заходів щодо удосконалення параметрів .....	46
3.2 Розрахунок ширини робочих площадок і берм безпеки .....	53
3.3 Розрахунок продуктивності екскаватора .....	57
3.4 Економічна ефективність запропонованих рішень .....	60
3.5 Обґрунтування напрямків удосконалення.....	62
3.6 Підвищення ефективності роботи екскаватора.....	64
<b>4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ..</b>	
Висновок.....	69
Список використаної літератури.....	71

## АНОТАЦІЯ

Артеменко Вадим Миколайович. «Удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв в умовах Глеюватського кар'єру ПРАТ Центральний ГЗК»

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 184 Гірництво, ОПП «Відкрита розробка родовищ» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

Дипломна робота присвячена дослідженню, аналізу та удосконаленню параметрів екскаваторних вибоїв в умовах Глеюватського кар'єру ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат».

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності відкритих гірничих робіт, зниження витрат на видобуток корисних копалин та забезпечення безпечних умов праці при експлуатації гірничого обладнання.

**Об'єктом дослідження** є процес ведення гірничих робіт у відкритому кар'єрі, зокрема робота екскаваторних вибоїв у Глеюватському кар'єрі ПрАТ «ЦГЗК».

**Предметом дослідження** є параметри екскаваторних вибоїв, умови їх формування та вплив на ефективність роботи екскаваторного обладнання і організацію виробничих процесів.

**Метою роботи** є обґрунтування раціональних параметрів екскаваторних вибоїв, що забезпечують підвищення продуктивності екскаваторного обладнання, оптимізацію технологічних процесів та покращення техніко-економічних показників роботи кар'єру.

**У першому розділі** виконано аналіз гірничо-геологічних і технологічних умов розробки родовища. Надано загальну характеристику підприємства, розглянуто геологічну будову родовища,

фізико-механічні властивості гірських порід, гірничо-технічні умови розробки та сучасний стан ведення гірничих робіт у кар'єрі.

**У другому розділі** проведено детальний аналіз технологічної схеми ведення гірничих робіт і параметрів екскаваторних вибоїв. Визначено основні фактори, що впливають на їх формування, зокрема гірничо-геологічні умови, тип і характеристики обладнання. Проаналізовано роботу екскаваторів, організацію навантаження гірничої маси, у тому числі на перевантажувальних пунктах, та виявлено недоліки, що знижують ефективність виробничих процесів.

**У третьому розділі** розроблено комплекс заходів щодо удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв. Виконано розрахунок ширини робочих площадок і берм безпеки з урахуванням нормативних вимог та умов експлуатації. Проведено розрахунок продуктивності екскаваторного обладнання та обґрунтовано оптимальні режими його роботи. Здійснено техніко-економічну оцінку запропонованих рішень, що підтверджує їх доцільність і ефективність.

**У четвертому розділі** розглянуто питання охорони праці та техніки безпеки при виконанні технологічних процесів у кар'єрі. Проаналізовано потенційно небезпечні фактори виробництва та запропоновано заходи щодо їх мінімізації, спрямовані на створення безпечних умов праці.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для вдосконалення організації гірничих робіт, підвищення продуктивності екскаваторів, зниження простоїв обладнання та забезпечення безпечної експлуатації кар'єру.

**Ключові слова:** КАР'ЄР, ЕКСКАВАТОРНИЙ ВИБІЙ, ГІРНИЧА МАСА, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, РОБОЧА ПЛОЩАДКА, БЕРМА БЕЗПЕКИ, ГІРНИЧІ РОБОТИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## ВСТУП

Відкритий спосіб розробки родовищ корисних копалин є одним із найбільш ефективних та поширених методів видобутку залізних руд в Україні. Значна частина залізорудної сировини Криворізького басейну видобувається саме кар'єрним способом, що забезпечує високі обсяги виробництва та можливість використання потужного гірничотранспортного обладнання. Важливу роль у технологічному процесі відкритих гірничих робіт відіграють екскаваторні комплекси, від ефективності функціонування яких залежить продуктивність кар'єру, собівартість видобутку та техніко-економічні показники підприємства.

Сучасні умови експлуатації кар'єрів характеризуються постійним ускладненням гірничо-геологічних умов розробки, збільшенням глибини кар'єрів, зростанням обсягів розкривних робіт та підвищенням вимог до ефективності використання технічних ресурсів. У зв'язку з цим особливого значення набуває удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв, які безпосередньо впливають на продуктивність екскаваторного обладнання, безпеку ведення робіт та ефективність організації виробничих процесів.

Для Глеюватського кар'єру ПрАТ «Центральний ГЗК» питання удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв є особливо актуальним, оскільки підприємство здійснює розробку міцних залізистих кварцитів у складних гірничотехнічних умовах. Раціональний вибір висоти уступів, ширини заходок, параметрів робочих майданчиків та організації транспортного обслуговування дозволяє підвищити ефективність роботи екскаваторно-автомобільного комплексу, скоротити простої обладнання та знизити експлуатаційні витрати.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності підвищення ефективності відкритих гірничих робіт шляхом оптимізації параметрів екскаваторних вибоїв та вдосконалення організації роботи

екскаваторного обладнання в умовах Глеюватського кар'єру ПрАТ «Центральний ГЗК».

**Метою кваліфікаційної роботи** є удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв для підвищення ефективності роботи екскаваторно-автомобільного комплексу в умовах Глеюватського кар'єру ПрАТ «Центральний ГЗК».

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі **завдання**:

- проаналізувати гірничо-геологічні умови Глеюватського кар'єру;
- дослідити існуючу технологію ведення екскаваторних робіт;
- визначити основні параметри екскаваторних вибоїв;
- проаналізувати продуктивність екскаваторного обладнання;
- розробити заходи щодо удосконалення параметрів вибою;
- виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень;
- розглянути питання охорони праці та безпеки при виконанні екскаваторних робіт.

**Об'єктом дослідження** є екскаваторні роботи у Глеюватському кар'єрі ПрАТ «Центральний ГЗК».

**Предметом дослідження** є параметри екскаваторних вибоїв та їх вплив на ефективність роботи екскаваторно-автомобільного комплексу.

# 1 АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ГЛЕЮВАТСЬКОГО КАР'ЄРУ ПРАТ «ЦГЗК»

## 1.1 Загальна характеристика підприємства ПрАТ «ЦГЗК»

«Приватне акціонерне товариство «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПрАТ «ЦГЗК») є одним із провідних підприємств гірничодобувної галузі України, що спеціалізується на видобутку та збагаченні залізних руд. Підприємство розташоване у місті Кривий Ріг Дніпропетровської області та входить до складу великої гірничо-металургійної групи Метінвест.

Основною продукцією підприємства є залізорудний концентрат, який використовується як сировина для металургійного виробництва. Виробнича діяльність комбінату охоплює повний цикл — від видобутку руди до її збагачення та підготовки до подальшої переробки.

Сировинною базою підприємства є родовища Криворізького залізорудного басейну, які характеризуються значними запасами магнетитових кварцитів. Видобуток корисних копалин здійснюється відкритим способом у кар'єрах, одним із найбільших серед яких є Глеюватський кар'єр.

Глеюватський кар'єр є основним виробничим підрозділом ПрАТ «ЦГЗК», де здійснюється видобуток гірничої маси відкритим способом. Кар'єр характеризується значними розмірами, складними гірничо-геологічними умовами та великою глибиною розробки. Видобуток ведеться уступами з використанням транспортної системи розробки.

Технологічний процес у кар'єрі включає:– буріння свердловин;– проведення вибухових робіт;– екскавацію гірничої маси;– транспортування гірничої маси автосамоскидами;– подачу руди на дроблення та збагачення.

Для виконання гірничих робіт застосовується сучасне високопродуктивне обладнання, зокрема– кар’єрні екскаватори (механічні лопати та гідравлічні екскаватори);  
– бурові установки;  
– автосамоскиди великої вантажопідйомності;  
– допоміжна техніка.»[4]

Організація робіт у кар’єрі базується на безперервності виробничого процесу, що забезпечує високі показники продуктивності. Водночас ефективність роботи значною мірою залежить від раціональності параметрів гірничих виробок, зокрема екскаваторних вибоїв.

Глеюватський кар’єр функціонує в умовах постійного ускладнення гірничо-технічних умов, що пов’язано зі збільшенням глибини розробки, зміною фізико-механічних властивостей порід та необхідністю оптимізації транспортних схем. У зв’язку з цим особливої актуальності набувають питання вдосконалення параметрів екскаваторних вибоїв, що дозволяє підвищити ефективність використання техніки та знизити витрати на видобуток.

Таким чином, ПрАТ «ЦГЗК» та його Глеюватський кар’єр є важливими об’єктами гірничодобувної промисловості України, а підвищення ефективності їх роботи є актуальним науково-практичним завданням.

## **1.2 Геологічна будова родовища**

«Родовище залізистих кварцитів «Велика Глеюватка» складає частину сировинної бази ПРАТ «ЦГЗК» і розробляється кар’єром №1. Знаходиться родовище в Покровському районі м. Кривий Ріг Дніпропетровської області в 1,5 км на захід від селища Веселий Кут, і на відстані 8 км в південно-східному напрямку від промислового

майданчику комбінату. Кар'єр №1 був введений в експлуатацію першою чергою у 1961 році. Виробнича потужність кар'єру №1 на 2023 рік складає 5,2 млн. т залізистих кварцитів.

Родовище Велика Глеюватка Центрального ГЗК, присвячене до західного крила Саксаганської антикліналі, представлено чергуваннями сланцевих і залізистих горизонтів субмередіонального простягання. Падіння порід у цілому західне під кутом 50°-65°. На родовищі розвинуті поперечні й діагональні тектонічні порушення, інтенсивно виявлені в його південній частині. Найбільш продуктивною є середня залізородна свита в складі чотирьох сланцевих і чотирьох залізистих горизонтів, що мають потужність 25-290 м. Неокислені кварцити продуктивної товщі (I, II, IV залізистих горизонтів) представлені хлорит-магнетитовими, гематит-магнетитовими, хлорит-магнетит-карбонатовими різновидами міцністю 12-18 і об'ємною вагою 3,2-3,4 т/м<sup>3</sup>.

Перший і другий залізистий горизонт, що тяжіють до лежачого боку продуктивної товщі, поширені в межах усього родовища.

Четвертий залізистий горизонт середньої потужності 130 м просліджується на відстань близько 5 км, в північній частині родовища.

Залізисті кварцити характеризуються тонкопластовою текстурою. Рудні мінерали представлені магнетитом, гематитом і залізистими карбонатами, нерудним кварцом, хлоритом, карбонатами, амфіболітами, слюдою.

Середня потужність площевої зони окислення порід складає 20-30 м. У південній частині родовища спостерігаються зони окислення лінійного типу, які відносяться до розривних порушень, глибина їхнього поширення коливається від 50-100 м до 400-500 м.

У лежачому боці продуктивної товщі залягають інтенсивно дислоковані талькові й кварцит-карбонат-

хлорит-біотитові сланці з прошарками безрудних кварцитів. Потужність останніх коливається від 10 до 45 м.

У висячому боці залягають породи сланцевого й залізистих горизонтів. П'ятий сланцевий горизонт представлений гетит-гематитовими (фарбовими) і безрудними кварцитами з прошарками гетит-гематитових сланців. Потужність горизонту 10-25 м.

П'ятий залізистий горизонт представлений повністю окисленими породами – гетит-мартитовими й мартитовими джеспілітами, горизонтальна потужність його досягає 70-90 м. У товщі п'ятого й четвертого залізистих горизонтів зустрічаються багаті залізні руди.

Кайнозойські відкладення представлені суглинками, глинами жовтими, червоно-бурими, рідше - пісками у вигляді лінз і сірих глин. У процесі розвідки і розкриття родовища в кайнозойських відкладеннях підземні води не були виявлені.

Обводнювання кар'єру спостерігається тільки на локальних ділянках за рахунок підземних вод кайнозою й атмосферних опадів. Кристалічні породи родовища майже цілком дренавані шахтами рудника ім. Комінтерну, розташованими уздовж східної границі родовища.

Підземні води, присвячені до сланців і метапесчаників за умовами поширення і циркуляції відносяться до тріщино-прошарового типу. При природному режимі вони мають напір. Під дренавальним впливом гірничих виробок вони здобувають безнапірний характер. Водоносність сланців і метапесчаників незначна і відрізняється нерівномірністю. Карбонатні породи, що входять до складу верхньої світи, поширюються за межами західного контуру кар'єру №1. Залягають ці породи у виді одного потужного основного шару і декількох малопотужних рівнобіжних шарів. Карбонатні породи є сильно тріщинуватими, вилуженими і закарстованими. Тріщинуваті і закарстовані карбонатні породи є

колектором підземних вод. За умовами циркуляції, поширення і гідравлічних особливостей підземні води, присвячені до карбонатних порід, відносяться до напірного, тріщино-прошарового та тріщино-карстового типу.

Складна гідрогеологічна характеристика карбонатних порід за умови природного режиму викликала б ускладнення при освоєнні родовища. Однак, проведені роботи з осушення цих порід, з метою захисту від раптових поривів від підземних виробок карбонатних порід, коли останні будуть втягувати в зону обвалення, одночасно забезпечують безпеку ведення видобувних робіт у кар'єрі. Крім того, запропонована розробка карбонатних порід відкритим способом ще більш забезпечує надійність робіт у кар'єрі.

Водоносність порід середньої світи (залізистих і сланцевих горизонтів) тісно зв'язана з їхньою тріщинуватістю і петрографічним складом. Циркулюючи по тріщинах, порах, тектонічних порушеннях, підземні води утворюють єдину гідравлічну зв'язану систему. Про це свідчить факт зниження рівня води в результаті дренального впливу підземних гірничих виробок, шахт суміжних рудників.

У цілому, відпрацювання залізистих кварцитів на родовищі проводиться в сприятливих умовах.

Постійний контроль якості руди здійснюється на всіх етапах видобутку та переробки, починаючи від буріння та відбору проб, закінчуючи випуском готової продукції. Це дозволяє забезпечувати стабільність характеристик сировини для металургійних підприємств.»[4]

### 1.3 Гірничо-технічні умови розробки Технологія та організація гірничих робіт

«Видобуток залізної руди на Глеюватському кар'єрі Центрального гірничо-збагачувального комбінату здійснюється відкритим способом із застосуванням уступної системи розробки, що передбачає поетапне проведення буровибухових робіт, екскавації та транспортування гірської маси. Основна технологічна схема включає буріння шпурів, підриг рудної і розкривної маси, навантаження на транспортну техніку та подачу її на обробку чи відвал. Породи верхніх горизонтів, що не потребують попереднього підригання, відпрацьовуються з використанням залізничного транспорту. Гірничу масу з нижніх горизонтів транспортується автомобільним транспортом на перевантажувальні пункти та бульдозерні відвали. На кар'єрі застосовується сучасна механізована гірничу техніка таких марок ЕКГ-8І-гідролічний екскаватор для прискореного навантаження важких порід із великими фракціями., ЕКГ-10-екскаватор з електричним приводом, ківш 10 м<sup>3</sup> — використовується для навантаження руди і розкривних порід у автосамоскиди , має високу продуктивність за відносно невисоких експлуатаційних витрат та ЕКГ-12К. . Вся руда із забоїв та частина скельного розкриття вивозяться автомобільним транспортом( БЕЛАЗ-75306 — кузовний самоскид вантажопідйомністю 90 т; основний транспорт для перевезення гірської маси на дробильно-збагачувальну фабрику та відвали.КАМАЗ-6520 — допоміжний транспорт для внутрішньокар'єрних переміщень.) на перевантажувальні пункти горизонтів 68/56 м і 100/88 м, де перевантажується в залізничний транспорт і транспортується: руда – на фабрику подрібнення, розкриття – на будівництво греблі хвостосховища та упорні призми №1 та №2.

Решта розкриття транспортується автомобілями на рекультивацію кар'єру №2, відвал на площі кар'єру №2 та тимчасовий Південний відвал.»[7]



Рис.1.1. Екскаватор ЕКГ-8



Рис. 1.2. Екскаватор ЕКГ-12К



Рис. 1.3. Екскаватор ЕКГ-10

«Основний екскаватор, що використовується підприємстві — ЕКГ-10 з ківшем 10,5 м<sup>3</sup>. Цей екскаватор забезпечує:

- середню продуктивність навантаження ~ 9–11 тис. м<sup>3</sup>/зміну;
- стандартний цикл навантаження для руди та розкривних порід;
- хороший ресурс електрообладнання при стабільній роботі на великих виїмках.

Обмеження:

- ківш 10,5 м<sup>3</sup> вимагає частіших циклів навантаження порівняно з більшими машинами;
- при великій глибині уступу продуктивність знижується через довгий цикл.»[4]

#### 1.4 Фактичний стан гірничих робіт

Станом гірничих робіт на 01.07.2022 року Глеюватський кар'єр розкрито до горизонту мінус 326 м. Глибина кар'єра від поверхні становить 430 м, довжина по поверхні – 4200 м, ширина – 1030-1700 м.

Розробка родовища здійснюється поуступно із застосуванням одноківшевих екскаваторів з навантаженням в автомобільний і залізничний транспорт з доставкою руди на фабрику, а пустих порід – на гірничотехнічну рекультивацію кар'єру №2, упорні призми №1, №2 і на будівництво дамб хвостосховища.

Розробка розкривних порід верхніх горизонтів здійснюється з навантаженням в автомобільний і залізничний транспорт.

Вся руда з вибоїв і частина розкривних порід доставляються автосамоскидами на перевантажувальні пункти горизонтів 68 м / 56 м, 100 м / 88 м, де перевантажуються в залізничний транспорт і далі транспортуються: руда – на фабрику, а скельний розкрив – на будівництво дамб хвостосховища, рекультивацію кар'єра №2, упорні призми №1, №2.

Гірничі роботи з видобутку магнетитових руд і вийманню скельних розкривних порід здійснюються із застосуванням буровибухових робіт. Буріння свердловин здійснюється верстатами шарошкового буріння СБШ-250МН, Atlas Copco DM-75E, FRD-250 та верстатом FlexiROC D60 для контурного буріння.

Навантаження підірваної гірничої маси здійснюється кар'єрними екскаваторами ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К в автосамоскиди вантажопідйомністю 130 т і залізничний транспорт, представлений вагонами 2ВС-105 вантажопідйомністю 105 т і тепловозами 2ТЕ-10М. Рекультивація кар'єра №2 здійснюється екскаваторами ЕШ-10/50 і ЕШ-6,5/45, а також бульдозерним способом.»[7]

Таблиця 1.1.

Парк бурових верстатів кар'єру №1 ПРАТ «ЦГЗК» за станом на 01.07.2022 року

№ з/п	Марка бурового верстата	Кількість
1	СБШ-250МН	1
2	FRD-250	2
3	Atlas Copco	2

Будівництво упорних призм №1, №2 здійснюється екскаваторним способом із застосуванням екскаваторів ЕШ-6,5/45 і ЕКГ-8І. Відвалоутворення в кар'єрі №2 здійснюється бульдозерним способом із застосуванням бульдозерів Komatsu D-275-A, Komatsu D-375-A5 і CAT D9R (або аналогів).

По екскаваторному парку спостерігається відставання заміни існуючих екскаваторів ЕКГ-8І, які використовуються в даний момент на кар'єрі №1, на нові більш продуктивні екскаватори.

Видобувні роботи, в основному, ведуться на нижчих горизонтах в центральній частині кар'єра, а також на північному борту кар'єру.

Кар'єр розкритий капітальною автомобільною в'їзною траншеєю по північно-східному, східному і західному бортах кар'єру. На даний момент через східний борт здійснюється основний технологічний в'їзд в кар'єр.

Далі транспортний зв'язок з нижніми горизонтами кар'єра забезпечується тимчасовою системою з'їздів з тимчасового внутрішнього відвалу, розташованого в південному торці кар'єра.

Висота уступів по розробці пухких порід становить 10 м, скельних порід вище горизонту мінус 110 м – 15 м, нижче горизонту мінус 110 м – 12 м.

В умовах обмеженого простору гірничих робіт при розконсервації тимчасово неробочих уступів і постановці борту на кінцевий контур допускається відпрацювання здвоєних уступів висотою 24 м, 30 м. Буріння і підривання здійснюється одиночними або здвоєними уступами з відпрацюванням підірваної гірничої маси пошарово, при висоті уступу 12 м, 15 м .

Ухил автомобільних з'їздів становить 80 ‰, залізничних – 30 ‰.

Ширина запобіжних берм, що залишаються між пухкими уступами і здвоєними уступами по скельних породах, прийнята рівною 8-10 м. Ширина транспортних берм при автомобільному транспорті прийнята 32 м, при залізничному 12-20 м.

Східний борт кар'єру знаходиться у тимчасовій консервації. У деяких місцях укоси уступів досягають висоти 70-100 м, відсутні транспортні берми, берми безпеки.»[4]

### **Загальна схема виробничого процесу гірничих робіт на Глеюватському кар'єрі**

- Геологічна розвідка
- Проектування кар'єру
- Підготовчі роботи (буріння, вибухівка, розкриття)
- Видобування руди
- Транспорт на збагачення
- Перевезення
- Переробка на фабриці
- Відвантаження продукції

### **1.5 Система розробки і механізація виробничих процесів**

«Виходячи з гірничо-геологічних умов залягання корисних копалин в Глеюватському кар'єрі прийнята транспортна система розробки з

переміщенням розкривних порід у зовнішні і тимчасові внутрішні відвали.

Подрібнення руди і скельних порід здійснюється буропідривним способом. Буропідривні роботи ведуться відповідно до «Типового проєкту ведення буропідривних робіт в кар'єрі» який розробляється фахівцями комбінату.

Для проведення вибухових робіт використовуються в основному безтритиллові емульсійні вибухові речовини (україніт, емоніт).

Буріння вибухових свердловин здійснюється верстатами шарошкового буріння СБШ-250 МН, FRD-250, які дозволяють бурити як вертикальні, так і похилі свердловини.

Видобуток руди здійснюється екскаваторами ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К з доставкою автотранспортом на внутрішньокар'єрні перевантажувальні пункти. Далі руда залізничним транспортом доставляється на дробильно-збагачувальну фабрику.

Виїмка пухких порід здійснюється екскаватором ЕКГ-8І з безпосереднім навантаженням в залізничний транспорт і доставкою на рекультивацію кар'єру №2 і будівництво упорних призм №1, №2, №3.

Виїмка скельних розкривних порід здійснюється екскаваторами ЕКГ-8І, ЕКГ-10 і ЕКГ-12К з доставкою автотранспортом на внутрішньокар'єрні перевантажувальні пункти, на гірничотехнічну рекультивацію кар'єру №2, розширення відвалу № 6 і перспективне розширення Південно-Західного відвалу.

Відповідно до застосовуваного гірничотранспортного обладнання, а також з урахуванням фізико-механічних властивостей порід, що розробляються, і відміток горизонтів кар'єра, подальша розробка передбачається уступами висотою 12 м.

Висота уступів по пухким породам становить 10 м, по скельним породам вище горизонту мінус 110 м – 15 м, нижче горизонту мінус 110 м – 12 м.

Буріння і підривання здійснюється одиночними або здвоєними уступами, а відпрацювання підірваної гірничої маси ведеться пошарово при висоті уступу 12-15 м.

Параметри уступів і бортів Глеюватського кар'єру, що виставляються в кінцеве і тимчасово неробоче положення приведені в таблиці 2

Таблиця 1.2. Параметри уступів і бортів Глеюватського кар'єру, що виставляються в кінцеве або тимчасово неробоче положення

№ з/п	Ділянка борту	м.в.	Кут нахилу уступу, град	Кут нахилу борту, град.	Примітка
Східний борт					
1	Північна частина	0-100	60	41	
2	Центральна частина	100-200	60	38	
3	Південна частина	200-360	60	41	
Західний борт					
4	Північна частина	0-100	50	35	В породах
5	Центральна частина	100-200	50	35	

6	Південна частина	200-360	50	35	Гданцівської світи
7	Північна частина	0-100	70	48	В скельній товщі
8	Центральна частина	100-200	70	48	
9	Південна частина	200-360	70	48	
Південний торець					
10	Внутрішній відвал	-	Поточні параметри	Поточні параметри	
11	Скельна товща	-	60-70	45	
Північний торець					
12	Північний торець	-	60-70	42	

Аналіз інженерно-геологічних умов родовища «Велика Глеюватка» дозволив виділити три основні види порід, в яких формуватимуться уступи і групи уступів бортів кар'єру, як в тимчасово неробочому положенні, так і на кінцевому контурі.

До першої групи порід відносяться слабкі вивірені породи по геологічній будові схожі із сланцями поширені всюди на західному борту кар'єру в горизонтах +50 – мінус 200 м.

До другої групи порід відносяться сланці Саксаганської і Скелеватської світ поширені на східному і північному бортах кар'єру в горизонтах +50 – мінус 425 м.

До третьої групи порід відносяться кварцити і залізисті кварцити, що формують зокрема чотири основні залізисті горизонти поширені в нижній частині кар'єру в горизонтах нижче відмітки мінус 200 м.

При роботі екскаваторів в забоях кут укосу робочих уступів по скельним розкривним породам становить  $60-80^\circ$ , по зруйнованим і насипним скельним розкривним породам –  $45^\circ$ , по наносам –  $45^\circ$ .

Схема відсипки скельного контрфорсу, на горизонтах  $+105$  м –  $+65$  м північно-східного та північно-західного бортів кар'єру, бульдозерним відвалоутворенням із застосуванням автотранспорту, для забезпечення стійкості та можливості формування постійної транспортної схеми північного борту кар'єру, наведена на рис. 1.4-1.5.

На рис. 1.4-1.5 наведені наступні умовні позначення:

A – зона розвантаження, м ( $15-30$  м);

a – відстань від проїзної частини автодороги, до насипного огородження, м

( $a = 1$  м);

B – ширина насипного огородження по підшві, м ( $B = 4$  м);

$B_{\min}$  – мінімальна відстань між бульдозером і автосамоскидом, який розвантажується, м ( $B_{\min} = 15$  м);

C – призма можливого обвалення, визначається відносно до висоти ярусу відвалу, м. Установлюється службою по нагляду за зрушенням гірничих порід і доводиться до ІТП діляниці;

D – мінімальна відстань від автосамоскиду, який розвантажується та поряд проїжджаючого транспорту, м ( $D = 5$  м);

H – висота насипного контрфорсу, м ( $H = 10-30$  м);

$H_u$  – висота уступу, м ( $H_u = 10-15$  м);

$h_o$  – висота насипного огородження, м ( $h_o = 1,6$  м);

«X – поперечний ухил спрямований від бровки укосу в глибину контрфорсу ( $X = 3^\circ$ );

$\beta$  – кут стійкості укосу контрфорсу, в град. Установлюється службою по нагляду за зрушенням гірничих порід і доводиться до ІТП діляниці;

$g$  – проміжок між краєм площадки для маневрів автосамоскидів при подачі під навантаження і нижньої брівки уступу, м ( $g=1,5$  м);

$\alpha$  – кут укосу контрфорсу, в град ( $\alpha = 35^\circ$ );

Луч.з.х. – довжина ділянки по якій автомобіль рухається заднім ходом, м (Луч.з.х. до 30 м);

Лп.у. – мінімальна відстань поперечного ухилу, м (Лп.у. =10 м);

Шр.п. – мінімальна ширина робочої площадки, м ( Шр.п. = 46 м).

Мінімальна ширина робочих площадок при автомобільному транспорті в наносах складає 36 м, в скельних і насипних – 32 м; при залізничному транспорті в наносах, скельних і насипних породах становить 35 м.

Ширина з'їздів і транспортних берм для автомобільного транспорту становить 32 м, для залізничного транспорту – 12-20 м.

Мінімально допустима ширина транспортної берми для автотранспорту в залежності від вантажопідйомності та глибини розташування прийнята згідно п. 5.18 СНіП 2.05.07-91. Мінімально допустима ширина транспортної берми односмугових доріг для автотранспорту в залежності від глибини розташування прийнята згідно п. 5.18 СНіП 2.05.07-91. Згідно п. 5.25 СНіП 2.05.07-91 для забезпечення можливості епізодичного роз'їзду автомобілів на односмугових міжмайданчикових дорогах передбачаються майданчики (кишені) для роз'їзду довжиною не менше 30 м з покриттям, аналогічним прийнятому для даної дороги.

Відстань між майданчиками приймається рівною відстані видимості зустрічного транспортного засобу, але не більше 500 м.

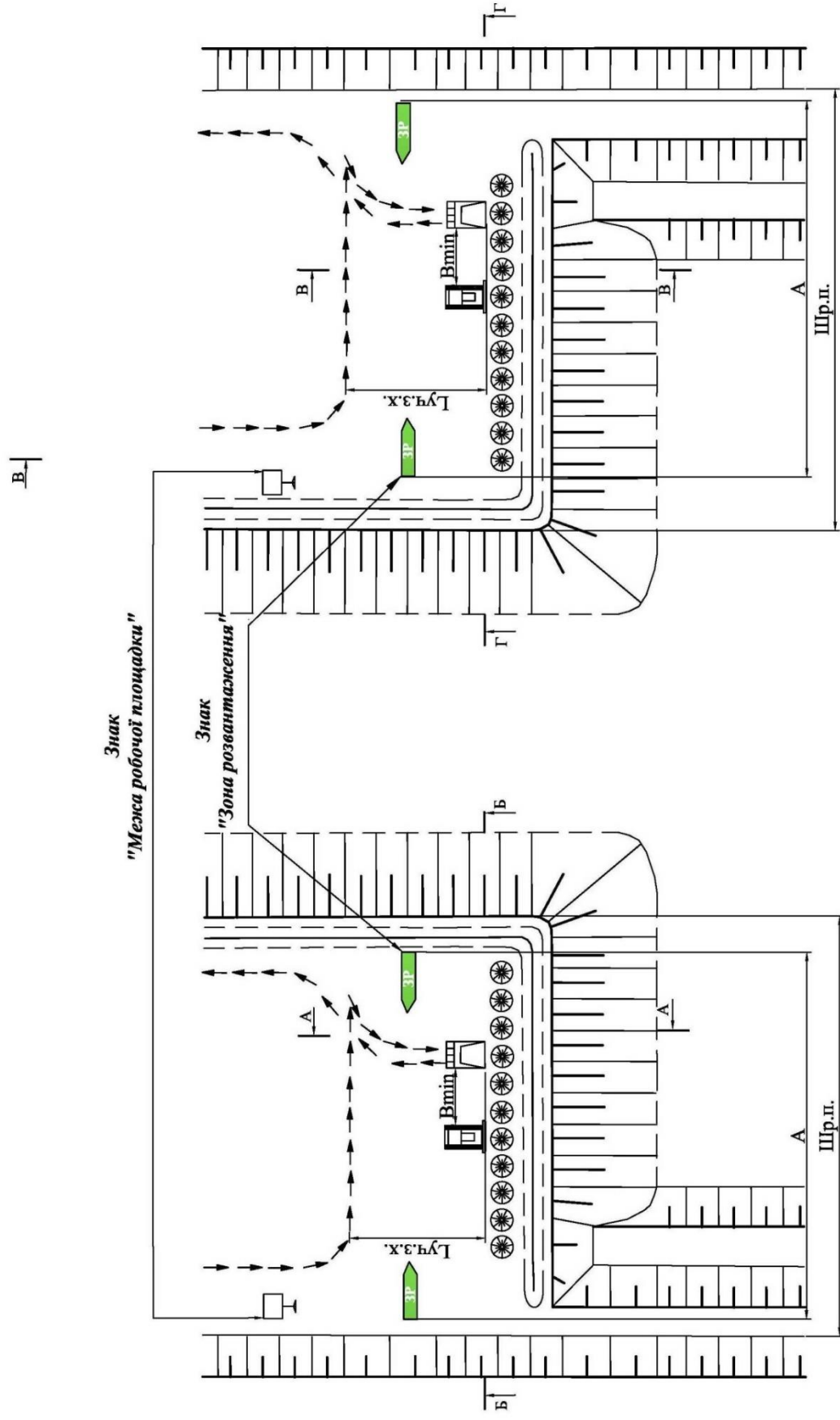


Рис.1.4— Схема відсіпки скельного контрфорсу, на горизонтах +105 м – +65 м північно-східного та північно-західного боргів кар'єру, бульдозерним відвалоутворенням із застосуванням автотранспорту (план)

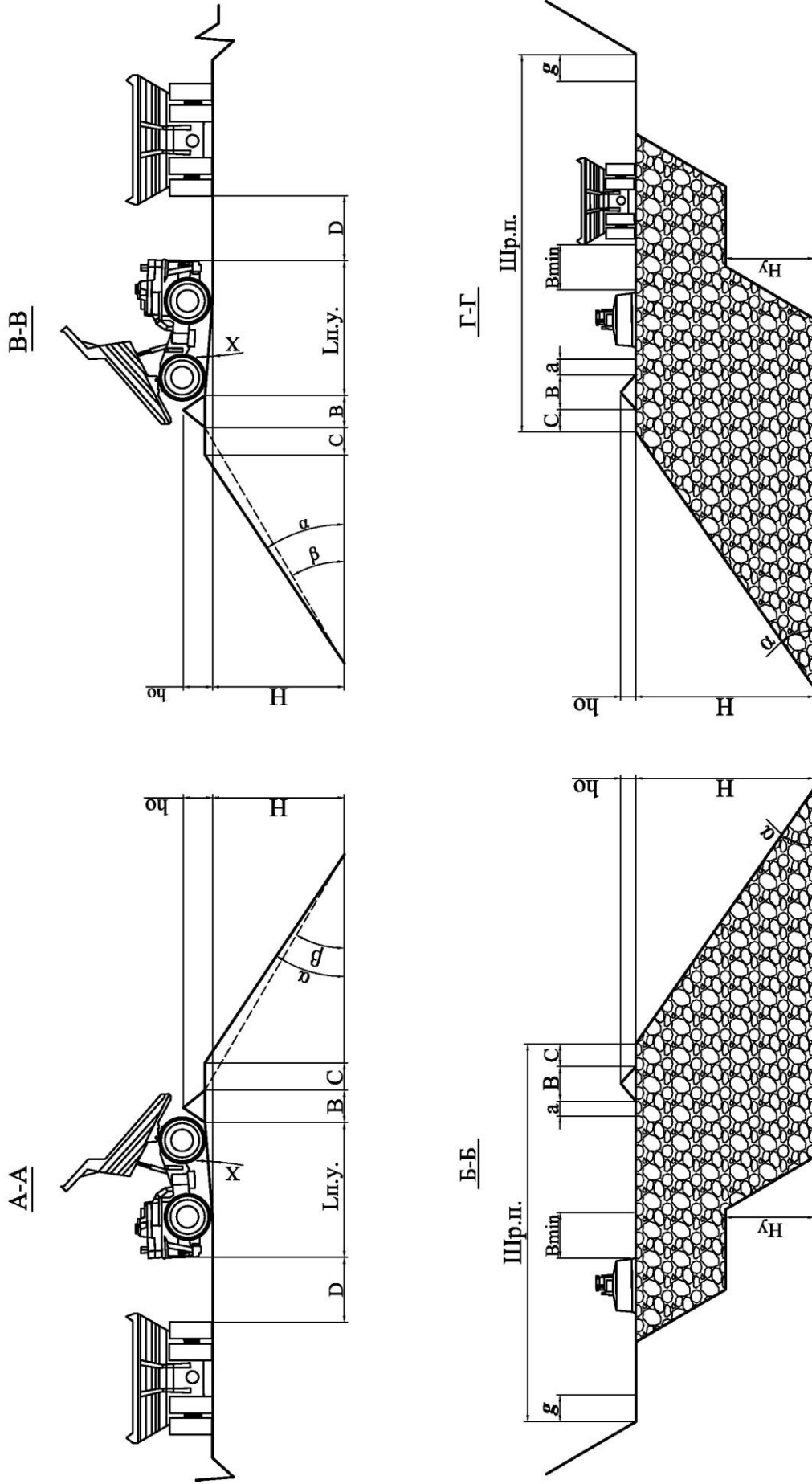


Рис.1.5 – Схема відсіпки скельного контрфорсу, на горизонтах +105 м – +65 м північно-східного та північно-західного боотів кар'єру. Бульдозерним вілпаптворенням із застосуванням автотранспорту (розрізи)

Ділянки переходу від односмугової проїжджої частини до майданчика для роз'їзду повинні бути довжиною не менше 10 м.

Регулювання дорожнього руху має ґрунтуватися на вимогах «Правил дорожнього руху України».

Небезпечні ділянки і зони на дорогах повинні бути позначені дорожніми знаками («Звуження дороги»; «Перевага навантаженого транспорту»; «Напрямок руху по смугах», «Обмеження максимальної швидкості», «Кінець зони обмеження максимальної швидкості». і т.п.). Необхідна кількість дорожніх знаків і покажчиків та місця їх установки обґрунтовуються прийнятою схемою організації руху транспортних і пішохідних потоків. Установка дорожніх знаків повинна відповідати чинним стандартам і правилам.

Ухили транспортних з'їздів для автомобільного транспорту повинні складати не більше 80 ‰.

Ширина запобіжних берм становить 8-10 м.

Ширина робочих площадок повинна забезпечувати безпеку ведення гірничих робіт для екскаваторів при навантаженні гірничої маси в автосамоскиди і залізничний транспорт.

Нормативи готових до виїмки запасів руди визначені відповідно до «Норм технологічного проектування гірничовидобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин». Показники інтенсивності розробки системи розробки в 2022-2023 роках приведені в таблиці 2.6. Щорічні показники готових до виїмки запасів можуть уточнюватися виробничою програмою, але повинні складати не менше 1,5 місяця.

Гірничі роботи повинні виконуватися згідно «Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом», «Правил безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення», Закону України про охорону праці та інших

нормативно-правових документів. Для забезпечення стійкості східного борту кар'єру, що знаходиться в зоні можливого виходу воронок, повинні виконуватися спеціальні заходи з моніторингу за станом пустот, оборка уступів і інші заходи.

Для перевантаження руди в залізничний транспорт в 2022-2023 роках передбачається використання існуючого перевантажувального пункту 68 м/56 м на тимчасовому внутрішньому відвалі.

Для перевантаження розкривних порід з автомобільного транспорту в залізничний в 2022-2023 роках передбачається використання існуючих перевантажувальних пунктів 100 м/88 м на поверхні тимчасового внутрішнього відвалу.»[6]

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ ЕКСКАВАТОРНИХ ВИБОЇВ

### 2.1 Основні параметри екскаваторних вибоїв

Екскаваторний вибій є основною виробничою ланкою відкритих гірничих робіт, у межах якої здійснюється виймання гірничої маси та її навантаження у транспортні засоби. Раціональні параметри вибою визначають ефективність роботи екскаваторного обладнання, рівень використання техніки, продуктивність кар'єру та собівартість видобутку корисної копалини.

Параметри екскаваторного вибою формуються з урахуванням гірничо-геологічних умов, технічних характеристик екскаватора та прийнятої технології ведення робіт. Для умов Глеуватського кар'єру ПрАТ ЦГЗК, де розробляються міцні залізисті кварцити, особливе значення має правильний вибір цих параметрів.

До основних параметрів екскаваторного вибою належать: висота уступу, ширина заходки, довжина фронту робіт, кут укосу уступу, а також параметри робочого майданчика.

«Одним із ключових параметрів є **висота уступу**, яка визначається можливостями екскаватора та умовами ведення буровибухових робіт. Вона повинна забезпечувати повне використання висоти черпання та безпечну роботу обладнання. Висота уступу визначається за співвідношенням:

$$H = (0.8-1.2) \cdot H_{\text{ч}}$$

де  $H_{\text{ч}}$ — максимальна висота черпання екскаватора, м.

Для екскаватора типу ЕКГ-8І при  $H_{\text{ч}} = 12$  м раціональна висота уступу становить 12–14 м. Дотримання цього параметра дозволяє забезпечити ефективне заповнення ківша та зменшити втрати часу на додаткові операції.

Наступним важливим параметром є **ширина заходки**, яка визначає ширину смуги, що відпрацьовується екскаватором за одну стоянку. Вона залежить від радіуса копання екскаватора і визначається за формулою:

$$B = (0.7-0.9) \cdot R$$

де  $R$ — радіус копання екскаватора, м.

Для умов кар'єру при  $R = 14$  м ширина заходки становить 10–13 м. Раціональне значення цього параметра забезпечує мінімальну кількість перестановок екскаватора та безперервність роботи.

Важливим елементом організації робіт є **довжина фронту робіт**, яка визначає протяжність ділянки, що відпрацьовується екскаватором. Вона залежить від продуктивності обладнання та кількості транспортних засобів і, як правило, становить 150–250 м. Збільшення довжини фронту дозволяє покращити організацію робіт і зменшити простої техніки.

Суттєвим параметром є також **кут укосу уступу**, який залежить від фізико-механічних властивостей гірських порід. Для міцних кварцитів, характерних для Глеюватського кар'єру, кут укосу становить 65–70°. Дотримання цього параметра забезпечує стійкість уступів і безпечні умови праці.

Для організації роботи екскаватора і транспорту визначається **ширина робочого майданчика**, яка повинна забезпечувати безпечне розміщення техніки. Вона розраховується за формулою:

$$B_m = B + a + b$$

де  $B$ — ширина заходки;  $a$ — відстань до транспортних засобів;

$b$ — запас безпеки.

У середньому для умов кар'єру ширина робочого майданчика становить 22–25 м.

Раціональне поєднання зазначених параметрів забезпечує ефективну роботу екскаваторного обладнання, підвищення продуктивності праці та зниження витрат на видобуток.»[3]

Отже, основні параметри екскаваторних вибоїв визначаються взаємодією технічних можливостей екскаватора та гірничо-геологічних умов родовища. Для Глеюватського кар'єру раціональні значення параметрів забезпечують ефективну та безпечну організацію гірничих робіт, що є передумовою підвищення техніко-економічних показників підприємства.

Раціональне поєднання цих параметрів дозволяє:

- підвищити продуктивність;
- знизити витрати;
- забезпечити безпечні умови праці.

## **2.2 Вплив гірничо-геологічних умов на параметри екскаваторних вибоїв Глеюватського кар'єру ПрАТ ЦГЗК**

Гірничо-геологічні умови родовища, що розробляється Глеюватським кар'єром ПрАТ ЦГЗК, мають визначальний вплив на формування параметрів екскаваторних вибоїв, вибір технології ведення гірничих робіт та ефективність використання екскаваторного обладнання. Раціональні параметри вибою повинні відповідати фізико-механічним властивостям гірських порід, гідрогеологічним умовам та особливостям залягання корисної копалини.

Глеюватський кар'єр входить до складу Криворізького залізорудного басейну та розробляє поклади залізистих кварцитів, які характеризуються високою міцністю, значною неоднорідністю та складною геологічною будовою. Породи представлені магнетитовими

кварцитами, сланцями та вміщувальними породами, що залягають у вигляді пластів різної потужності з кутами падіння.

«Одним із основних факторів є **міцність гірських порід**, яка для кварцитів становить  $f = 12-18$  за шкалою Протодьяконова. Висока міцність значно ускладнює процес екскавації і обумовлює необхідність попереднього розпушення масиву за допомогою буро-вибухових робіт. При цьому параметри вибою повинні забезпечувати ефективну роботу екскаватора в умовах частково розпушеного масиву. Зокрема, висота уступу обмежується максимальною висотою черпання екскаватора і, як правило, не перевищує 12–15 м.

Суттєвий вплив має **тріщинуватість гірського масиву**. За наявності розвиненої тріщинуватості породи легше піддаються руйнуванню, що сприяє підвищенню продуктивності екскаваторів і дозволяє збільшити ширину заходки. Водночас у масивах із низькою тріщинуватістю виникає необхідність інтенсифікації буро-вибухових робіт, що призводить до збільшення витрат та утворення негабаритних кусків.

Важливим чинником є **якість буро-вибухових робіт**, яка визначає гранулометричний склад гірничої маси. Оптимальний розмір кусків після вибуху повинен забезпечувати ефективне заповнення ківша екскаватора. При недостатньому дробленні утворюються великі шматки, що ускладнюють процес копання, збільшують тривалість робочого циклу і знижують продуктивність. У разі надмірного дроблення утворюється значна кількість дрібної фракції, що погіршує умови навантаження та сприяє підвищенню пиловиділення.

Гідрогеологічні умови кар'єру також суттєво впливають на параметри вибою. Наявність підземних вод призводить до зволоження гірських порід, зниження їх міцності та погіршення стійкості уступів. У таких умовах виникає необхідність зменшення кута укосу уступу,

збільшення ширини робочих майданчиків та організації ефективної системи водовідведення.

Зі збільшенням глибини кар'єру, яка перевищує 300 м, ускладнюються умови ведення гірничих робіт. Підвищується гірничий тиск, зростає ймовірність зсувів і обвалів, збільшуються транспортні відстані. Це обумовлює необхідність коригування параметрів вибою, зокрема зменшення висоти уступів на нижніх горизонтах та формування більш пологих укосів.

Додатковим ускладнюючим фактором є **неоднорідність гірських порід**, що проявляється у чергуванні шарів різної міцності та складу. Це призводить до нерівномірного дроблення масиву після вибухових робіт, що, у свою чергу, викликає коливання продуктивності екскаваторів і ускладнює вибір оптимальних параметрів вибою.

Узагальнюючи, можна зазначити, що гірничо-геологічні умови Глеюватського кар'єру визначають такі раціональні параметри екскаваторних вибоїв: висота уступу — 12–15 м, ширина заходки — 10–13 м, кут укосу — 65–70°. Обов'язковим є застосування буро-вибухових робіт та використання потужного екскаваторного обладнання.»[3]

Таким чином, урахування гірничо-геологічних умов дозволяє обґрунтувати параметри екскаваторних вибоїв, підвищити ефективність гірничих робіт та забезпечити безпечні умови праці

### **2.3 Аналіз роботи екскаваторів у кар'єрі**

Екскаваторне обладнання є основною ланкою технологічного процесу відкритої розробки родовищ, оскільки саме від ефективності його роботи залежить продуктивність кар'єру, ритмічність транспортування гірничої маси та собівартість видобутку корисної копалини. Аналіз роботи екскаваторів дозволяє оцінити рівень використання техніки, виявити фактори, що впливають на

продуктивність, та визначити шляхи підвищення ефективності гірничих робіт.

У Глеюватському кар'єрі ПрАТ ЦГЗК для навантаження розкривних порід та руди застосовуються одноківшові екскаватори типу ЕКГ. Найбільш поширеними є екскаватори ЕКГ-5А та ЕКГ-8І, які забезпечують виконання основного обсягу навантажувальних робіт.

Робота екскаватора характеризується такими основними показниками:

- продуктивність екскаватора;
- тривалість робочого циклу;
- коефіцієнт використання робочого часу;
- коефіцієнт наповнення ківша;
- обсяг навантаженої гірничої маси;
- рівень простоїв обладнання.

«Основним показником ефективності роботи екскаватора є його продуктивність. Теоретична годинна продуктивність визначається за формулою:

$$Q_T = \frac{3600 \cdot E}{t_{\text{ц}}}$$

де

$Q_T$ — теоретична продуктивність екскаватора, м<sup>3</sup>/год;

$E$ — місткість ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{ц}}$ — тривалість робочого циклу, с.

Для екскаватора ЕКГ-8І при місткості ківша 8 м<sup>3</sup> та тривалості циклу 30 с:

$$Q_T = \frac{3600 \cdot 8}{30} = 960 \text{ м}^3/\text{год}$$

Однак фактична продуктивність екскаватора є меншою через вплив організаційних та технічних факторів. Тому експлуатаційна

продуктивність визначається з урахуванням коефіцієнтів використання часу та наповнення ківша:

$$Q_e = \frac{3600 \cdot E \cdot k_H \cdot k_B}{t_{\text{ц}}}$$

де

$k_H$ — коефіцієнт наповнення ківша;

$k_B$ — коефіцієнт використання робочого часу.

При  $k_H = 0.9$  та  $k_B = 0.85$ :

$$Q_e = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0.9 \cdot 0.85}{30} \approx 734 \text{ м}^3/\text{год} \text{ [2]}$$

Отримані результати свідчать про зниження фактичної продуктивності порівняно з теоретичною приблизно на 24 %, що обумовлено втратами часу та неповним використанням місткості ківша.

На ефективність роботи екскаваторів у кар'єрі впливають такі фактори:

- фізико-механічні властивості гірських порід;
- якість підготовки масиву буро-вибуховими роботами;
- технічний стан обладнання;
- рівень організації транспортного обслуговування;
- кваліфікація машиністів;
- стан робочих майданчиків і кар'єрних доріг.

Однією з основних причин зниження продуктивності екскаваторів є простої. Вони поділяються на:

- організаційні;
- технічні;
- технологічні.

Організаційні простої виникають через несвоєчасну подачу автосамоскидів, технічні — внаслідок поломок обладнання, а технологічні — через складні умови розробки порід.

«Коефіцієнт використання робочого часу визначається за формулою:

$$k_{\text{в}} = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{зМ}}}$$

де  $T_{\text{р}}$  — час фактичної роботи екскаватора;  $T_{\text{зМ}}$  — тривалість зміни.

При тривалості зміни 12 год та фактичному часі роботи 10 год:

$$k_{\text{в}} = \frac{10}{12} = 0.83$$

Це свідчить про наявність втрат робочого часу, що негативно впливає на продуктивність техніки.»[3]

Для підвищення ефективності роботи екскаваторів у кар'єрі доцільно впроваджувати такі заходи:

- удосконалення організації транспортного обслуговування;
- скорочення тривалості простоїв;
- своєчасне технічне обслуговування обладнання;
- покращення якості буро-вибухової підготовки;
- автоматизація диспетчерського управління;
- підвищення кваліфікації персоналу.

Застосування зазначених заходів дозволить підвищити продуктивність екскаваторів, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити стабільну роботу кар'єру.

Таким чином, аналіз роботи екскаваторів у Глеюватському кар'єрі показав, що ефективність функціонування екскаваторного обладнання залежить від технічних, технологічних та організаційних факторів. Основними резервами підвищення продуктивності є скорочення простоїв, покращення транспортного обслуговування та підвищення рівня використання робочого часу екскаваторів. Реалізація запропонованих заходів сприятиме підвищенню ефективності відкритих гірничих робіт.

## 2.4 Виявлення недоліків у організації екскаваторних робіт

Ефективність роботи екскаваторного обладнання у значній мірі визначає продуктивність відкритих гірничих робіт, рівень використання техніки та собівартість видобутку корисної копалини. Аналіз організації екскаваторних робіт у Глеюватському кар'єрі ПрАТ «ЦГЗК» дозволяє виявити низку технічних та організаційних недоліків, що негативно впливають на ефективність виробничого процесу.

У процесі експлуатації екскаваторного обладнання основними проблемами є простой техніки, нерівномірне транспортне обслуговування, складні умови розробки гірських порід та недостатній рівень організації робіт.

Одним із найбільш суттєвих недоліків є **простой екскаваторів через несвоєчасну подачу автосамоскидів**. Унаслідок порушення узгодженості роботи екскаваторно-автомобільного комплексу виникають втрати робочого часу, що призводить до зниження продуктивності обладнання. Причинами таких простоїв є:

- недостатня кількість автосамоскидів;
- нерівномірний розподіл транспорту між вибоями;

- поганий стан кар'єрних доріг;
- затримки під час розвантаження.

У результаті екскаватор працює не безперервно, а циклічно, із значними втратами часу.

Іншим важливим недоліком є **зниження ефективності роботи екскаваторів через недостатню якість буро-вибухової підготовки порід**. При нерівномірному дробленні гірничої маси погіршується заповнення ківша, збільшується тривалість циклу екскавації та підвищується навантаження на механізми екскаватора.

«Коефіцієнт наповнення ківша визначається за формулою:

$$k_n = \frac{V_{\text{ф}}}{V_{\text{к}}}$$

де

$V_{\text{ф}}$ — фактичний об'єм гірничої маси у ківші;  
 $V_{\text{к}}$ — геометрична місткість ківша.

При недостатньому дробленні породи коефіцієнт наповнення ківша може знижуватися до 0,75–0,80, що негативно впливає на продуктивність екскаватора.

Суттєвою проблемою є також **значний фізичний та моральний знос екскаваторного обладнання**. Частина екскаваторів, що експлуатуються у кар'єрі, працює понад нормативний термін служби. Це призводить до:

- збільшення кількості аварійних ремонтів;
- зростання витрат на технічне обслуговування;
- зниження надійності роботи;

- збільшення тривалості простоїв.

Через технічні несправності коефіцієнт використання робочого часу екскаваторів знижується та визначається співвідношенням:

$$k_B = \frac{T_p}{T_{3M}}$$

де

$T_p$ — фактичний час роботи екскаватора;

$T_{3M}$ — тривалість зміни.

При фактичному часі роботи 9,5 год за 12-годинної зміни:

$$k_B = \frac{9.5}{12} \approx 0.79$$

Це свідчить про значні втрати робочого часу.»[3]

«Одним із недоліків організації екскаваторних робіт є також **нераціональні параметри екскаваторних вибоїв**. У деяких випадках спостерігаються:

- недостатня ширина робочих майданчиків;
- складні умови під'їзду транспорту;
- порушення оптимальної висоти уступів;
- обмежений фронт робіт.

Такі фактори ускладнюють маневрування автосамоскидів та збільшують тривалість навантаження.

Негативний вплив на ефективність роботи має також **недостатній рівень автоматизації диспетчерського управління**. Відсутність сучасних систем моніторингу та оперативного контролю ускладнює

координацію роботи екскаваторів і транспорту, що призводить до нерівномірного завантаження техніки.

Крім того, у роботі кар'єру спостерігаються такі недоліки:

- недостатня якість планування гірничих робіт;
- складні кліматичні умови у зимовий період;
- погіршення стану робочих майданчиків після опадів;
- підвищене пиловиділення у вибоях;
- значні енерговитрати під час експлуатації техніки.»[6]

Для усунення виявлених недоліків доцільно реалізувати такі заходи:

- оптимізувати роботу екскаваторно-автомобільного комплексу;
- покращити стан кар'єрних доріг;
- модернізувати екскаваторне обладнання;
- удосконалити буро-вибухову підготовку порід;
- впровадити автоматизовані системи диспетчеризації;
- скоротити тривалість ремонтів;
- покращити організацію робочих майданчиків.

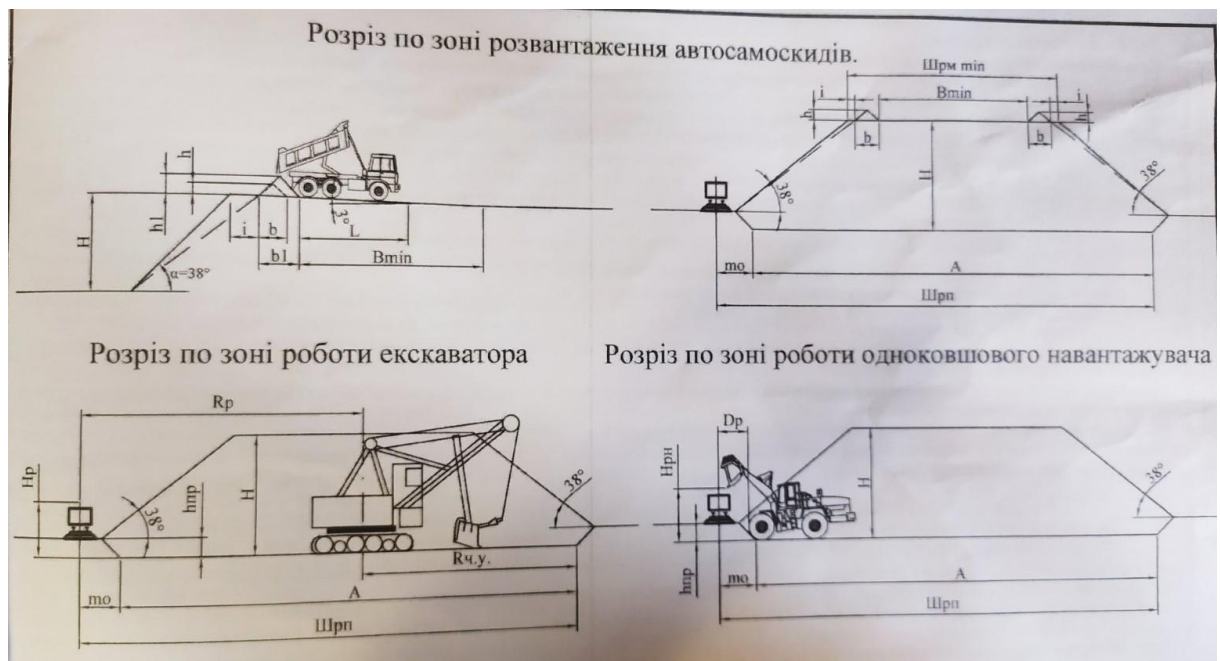
Реалізація зазначених заходів дозволить підвищити продуктивність екскаваторів, зменшити простой обладнання та покращити техніко-економічні показники роботи кар'єру.

## **2.5 Вантаження гірської маси на перевантажувальному пункті**

«Перевантажувальний пункт складається з двох секторів, котрі складаються у свою чергу з двох майданчиків: верхнього – призначеного для розвантаження кар'єрних самоскидів і нижнього - для

відвантаження руди екскаватором або одноківшовим ж у залізничний транспорт. Перевантажувальний пункт призначений для перевантаження руди з автомобільного транспорту в залізничний. При цьому руда доставляється на розвантажувальний майданчик перевантажувального пункту автосамоскидами вантажопідйомністю до 40 тон з інших ГЗК. У процесі переміщення і зштовхування гірничих порід під укіс уступу бульдозером, виконується засипання вільного простору вздовж залізничної колії в границях секторів.

заповнення , таким чином, сектору руда відвантажується екскаватором або одноківшевим навантажувачом у д транспорт зі збереженням, на вище лежачому горизонті, розвантажувального майданчика. Руда доставляється залізничним транспортом на дробильну фабрику.»[8]



**Рис 6 Розріз по зоні розвантаження автосамоскидів**

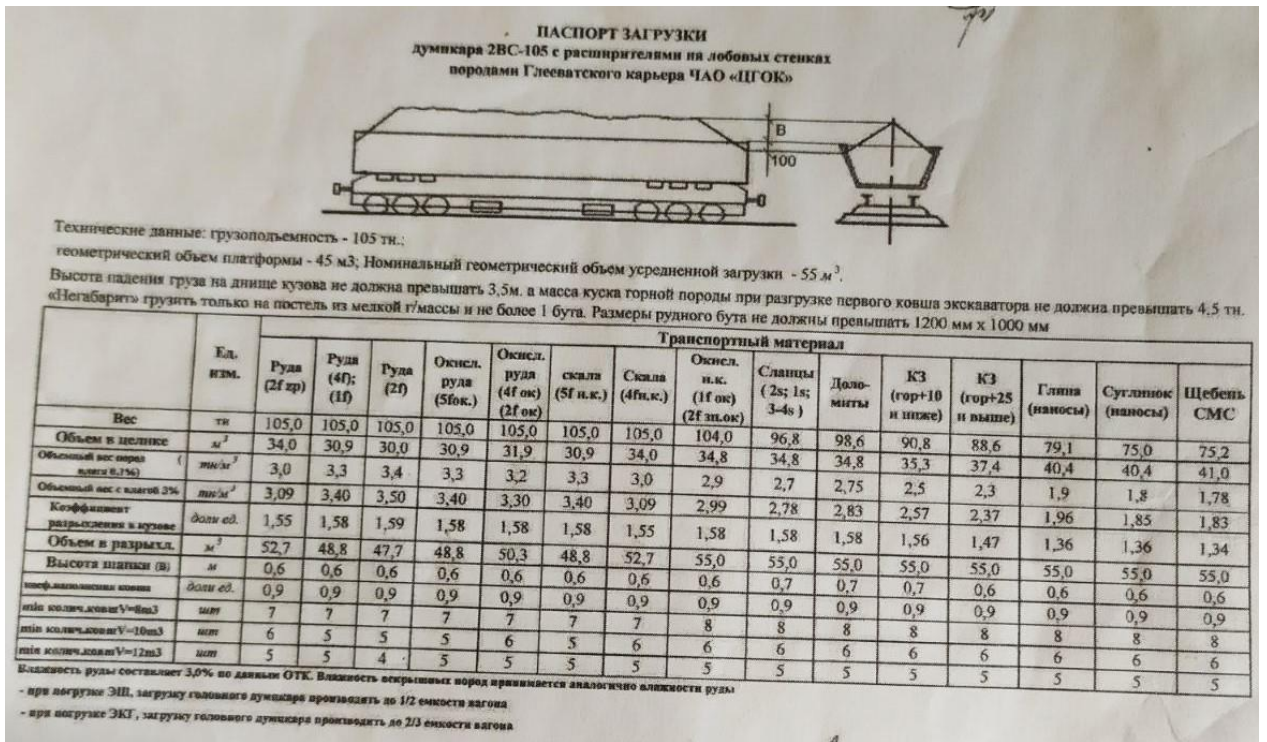


Рис 7. Паспорт загрузки

### 3.1 Розробка заходів щодо удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв

Ефективність роботи екскаваторного комплексу на Глеюватському кар'єрі ПрАТ «ЦГЗК» значною мірою визначається раціональністю параметрів екскаваторних вибоїв. Зі збільшенням глибини кар'єру погіршуються умови роботи транспорту, зростають витрати на перевезення гірничої маси та ускладнюється організація гірничих робіт.

Основними завданнями удосконалення параметрів вибою є:

- підвищення продуктивності екскаваторів;
- зниження непродуктивних простоїв;
- покращення умов навантаження автотранспорту;
- забезпечення безпечної роботи на уступах;
- зменшення собівартості видобутку.

Для умов Глеюватського кар'єру особливого значення набувають:

- параметри уступів;
- ширина робочих майданчиків;
- довжина активного фронту робіт;
- організація транспортних потоків;
- **якість буровибухової підготовки масиву.**

#### 3.1.2 Аналіз існуючих параметрів вибою

На підприємстві застосовуються мехлопати типу ЕКГ-10 та ЕКГ-12,5, що працюють у складних умовах розробки міцних магнетитових кварцитів.

«Основні параметри існуючих вибоїв:

- висота уступу — 15 м;
- ширина робочого майданчика — 40–45 м;
- довжина вибою — 80–100 м;
- кут укосу уступу — 70–75°;

- ширина транспортних берм — 18–20 м.

Проведений аналіз показав, що існуюча схема має ряд недоліків:

- часті перестановки екскаваторів;
- нерівномірне завантаження автосамоскидів;
- збільшення тривалості циклу навантаження;
- зниження коефіцієнта використання часу;
- підвищений знос ходової частини техніки.

Значна частина простоїв виникає через:

- недостатню довжину активного вибою;
- погану якість підготовки розвалу після вибуху;
- обмежені умови маневрування транспорту.

### **3.1.3 Удосконалення висоти уступу**

Висота уступу є одним із головних параметрів, що визначає:

- безпеку ведення робіт;
- ефективність черпання;
- стійкість укосів;
- продуктивність екскаватора.

При недостатній висоті уступу:

- збільшується кількість горизонтів;
- ускладнюється транспортна схема;
- підвищуються експлуатаційні витрати.

При надмірній висоті:

- погіршується якість екскавації;
- збільшується ризик обвалення порід;
- підвищується навантаження на екскаватор.

Раціональна висота уступу повинна відповідати технічним характеристикам екскаватора.

Для мехлопат виконується умова:

$$H_y = (1.2 \div 1.5)H_q$$

де:

- $H_y$ — висота уступу;
- $H_q$ — максимальна висота черпання.

Для екскаватора ЕКГ-10:

- $H_q = 13\text{м.}$

Тоді оптимальна висота уступу:

$$H_y = 1.2 \times 13 = 15.6 \text{ м}$$

Отже, для умов кар'єру доцільно прийняти висоту уступу 15 м.

### 3.1.4 Удосконалення ширини робочого майданчика

Ширина робочого майданчика повинна забезпечувати:

- безпечне розташування екскаватора;
- можливість маневрування автосамоскидів;
- розміщення розвалу породи;
- дотримання нормативних зон безпеки.

Недостатня ширина майданчика призводить до:

- збільшення часу навантаження;
- утруднення роз'їзду транспорту;
- підвищення аварійності.

Ширина робочого майданчика визначається:

$$B = A + T + Z + C$$

де:

- $A$ — ширина розвалу;

- $T$ — транспортна смуга;
- $Z$ — зона безпеки;
- $C$ — резервна смуга.

Приймаємо:

- $A = 16\text{м};$
- $T = 20\text{м};$
- $Z = 5\text{м};$
- $C = 4\text{м}.$

Тоді:

$$B = 16 + 20 + 5 + 4 = 45 \text{ м}$$

Таким чином, оптимальна ширина робочого майданчика становить 45 м.

### **3.1.5 Удосконалення довжини вибою**

Довжина активного вибою значно впливає на:

- кількість перестановок екскаватора;
- рівномірність роботи транспорту;
- продуктивність навантаження.

При короткому вибої:

- збільшується тривалість допоміжних операцій;
- погіршується організація транспортних потоків;
- виникають простой автосамоскидів.

Для умов Глеюватського кар'єру доцільно збільшити довжину вибою до 120–150 м.

Це дозволить:

- скоротити кількість перестановок екскаватора;
- підвищити коефіцієнт використання часу;
- забезпечити стабільну роботу транспорту.

### **3.1.6 Удосконалення буровибухової підготовки**

Якість буровибухових робіт безпосередньо впливає на:

- гранулометричний склад породи;
- продуктивність екскаватора;
- тривалість циклу навантаження.

Для міцних кварцитів Глеюватського родовища рекомендується:

- застосування свердловин діаметром 250–320 мм;
- використання короткосповільненого підривання;
- оптимізація схеми розташування свердловин;
- рівномірний розподіл вибухових речовин.

Покращення дроблення породи забезпечує:

- скорочення часу черпання;
- зменшення навантаження на ківш;
- зниження енерговитрат.

### **3.1.7 Удосконалення організації роботи транспорту**

Для забезпечення безперервної роботи екскаватора необхідно:

- оптимізувати кількість автосамоскидів;
- мінімізувати черги під навантаженням;
- скоротити час транспортування.

Основними напрямками удосконалення є:

- диспетчеризація руху транспорту;
- використання GPS-моніторингу;
- покращення стану кар'єрних доріг;
- оптимізація маршрутів руху.»[14]

У результаті аналізу встановлено, що основними напрямками удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв є:

- оптимізація висоти уступів;
- збільшення довжини активного вибою;
- покращення буровибухової підготовки;
- удосконалення транспортної схеми.

Запропоновані заходи дозволяють:

- підвищити продуктивність екскаваторів;
- зменшити простої;
- покращити безпеку робіт;
- знизити собівартість видобутку

### **3.2 РОЗРАХУНОК ШИРИНИ РОБОЧИХ ПЛОЩАДОК І БЕРМ БЕЗПЕКИ**

Ширина робочих площадок повинна забезпечувати безпеку ведення гірничих робіт для екскаваторів при навантаженні гірничої маси в автосамоскиди і залізничний транспорт [2].

«Ширина робочої площадки визначається відповідно до «Норм технологічного проектування гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин» (рис. 8-9).

Розробка уступів при використанні автотранспорту в скельних і насипних породах

Мінімальна робоча площадка при використанні автосамоскидів БелАЗ 75131-32 (або аналогів) визначається за формулою:

$$Ш_{\text{рпе}} = a + s + z + p + g; \text{ м}$$

де:  $a$  – ширина призми обвалення робочого уступу, м (2,3 м);

$s$  – ширина захисного ґрунтового валу, м (3,3 м);

$z$  – відстань від підшви ґрунтового валу до кромки проїжджої частини автодороги, м (0,5 м);

$p$  – ширина площадки для маневрів автосамоскидів при подачі під вантаження;

$g$  – зазор між краєм площадки для маневрів автосамоскидів при подачі під вантаження, або кромкою проїжджої частини автодороги і нижньою брівкою уступу або підшвою розвалу, м (1,5 м).

$$p = \sqrt{(1,3R_k)^2 - B^2} + B + B_{\text{п}},$$

де:  $R_k$  – мінімальний конструктивний радіус повороту по колії зовнішнього переднього колеса (13,0 м);

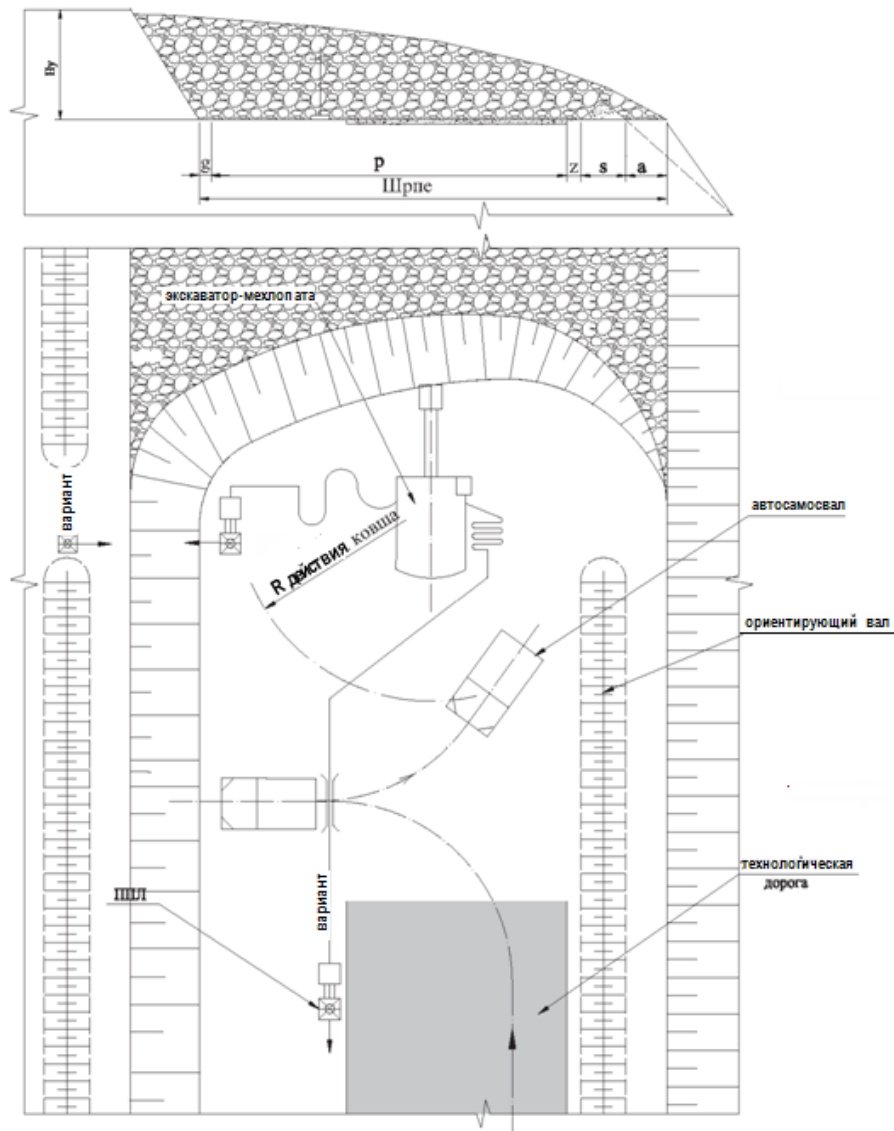
$B_{\text{п}}$  – відстань від осі передніх коліс до виступаючої частини машини (2,85 м);

$B$  – відстань між осями переднього і заднього коліс (5,3 м).

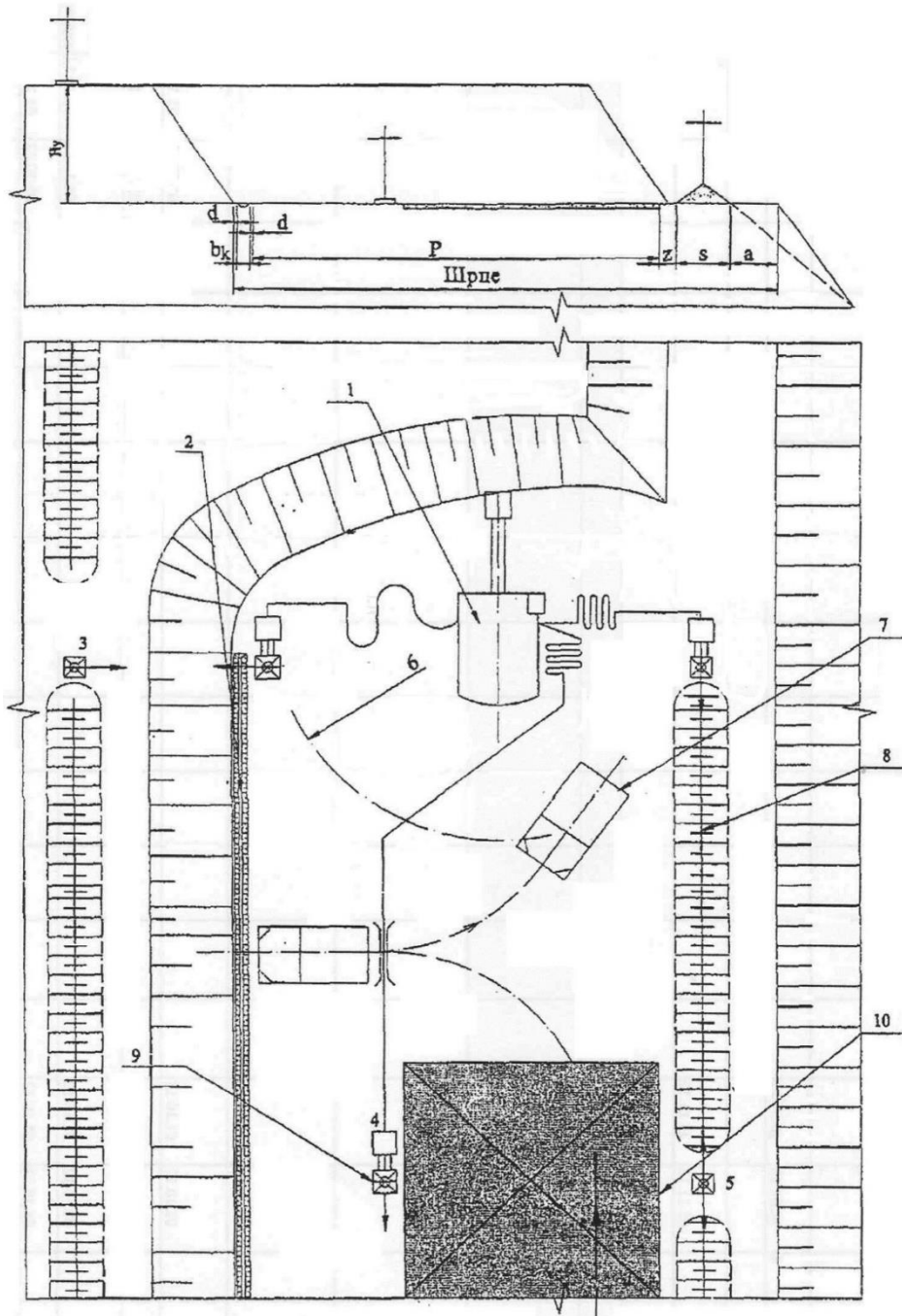
$$p = \sqrt{(1,3 \cdot 13)^2 - 5,3^2} + 5,3 + 2,85 = 24,2 \text{ м}$$

$$Ш_{\text{рпе}} = 2,3 + 3,3 + 0,5 + 24,2 + 1,5 = 31,8 \text{ м}$$

навантаженням гірничої маси в автосамоскиди типу БелАЗ. Розрахунок виконано відповідно до вимог чинних нормативних документів з урахуванням конструктивних параметрів транспортних засобів та умов безпечного ведення гірничих робіт.»[9]



**Рис.8** Схема для визначення мінімальних розмірів робочої площадки в скельних породах при використанні автомобільного транспорту



1 – экскаватор-мехлопата; 2 – дренажна канава; 3,4,5 – варіанти; 6 – радіус дії ківша; 7 – автосамоскид; 8 – орієнтуючий вал; 9 – ППЛ; 10 – технологічна дорога

Рис. 9 Схема для визначення мінімальних розмірів робочої площадки в пухких породах при використанні автомобільного транспорту.

У результаті виконаного розрахунку визначено мінімально допустиму ширину робочої площадки для роботи экскаватора з

Встановлено, що необхідна ширина робочої площадки становить **24,2 м**, що забезпечує безпечне розміщення гірничого обладнання, можливість маневрування автосамоскидів, а також враховує розміщення захисних елементів, таких як призма обвалення, запобіжний вал та технологічні зазори.

Отримані результати відповідають вимогам безпеки та можуть бути використані при проєктуванні і удосконаленні параметрів екскаваторних вибоїв. Застосування обґрунтованих параметрів робочих площадок сприяє підвищенню ефективності гірничих робіт, зниженню простоїв обладнання та забезпеченню безпечних умов праці.

### 3.3 Розрахунок продуктивності екскаватора

Продуктивність екскаватора є одним із головних показників ефективності роботи екскаваторного комплексу. Вона визначає:

- обсяги навантаження гірничої маси;
- кількість необхідного транспорту;
- ритмічність роботи кар'єру;
- собівартість видобутку.

Для умов Глеюватського кар'єру приймається екскаватор ЕКГ-10 із місткістю ковша 10 м<sup>3</sup>.

#### 3.2.2 Технічна продуктивність екскаватора

«Технічна продуктивність визначається:

$$Q_T = \frac{3600EK_H}{t_{ц}}$$

де:

- $Q_T$ — технічна продуктивність, м<sup>3</sup>/год;
- $E$ — місткість ковша, м<sup>3</sup>;

- $K_H$ — коефіцієнт наповнення ківша;
- $t_{ц}$ — тривалість циклу, с.

Приймаємо:

- $E = 10\text{м}^3$ ;
- $K_H = 0.9$ ;
- $t_{ц} = 30\text{с}$ .

Тоді:

$$Q_T = \frac{3600 \times 10 \times 0.9}{30} = 1080 \text{ м}^3/\text{год}$$

### 3.2.3 Експлуатаційна продуктивність

Експлуатаційна продуктивність враховує простої та втрати часу.

Визначається:

$$Q_e = Q_T K_B$$

де:

- $K_B$ — коефіцієнт використання часу.

Приймаємо:

- $K_B = 0.85$ .

Тоді:

$$Q_e = 1080 \times 0.85 = 918 \text{ м}^3/\text{год}$$

### 3.2.4 Змінна продуктивність

Змінна продуктивність:

$$Q_{зм} = Q_e T$$

де:

- $T$ — тривалість зміни.

При:

- $T = 12$  год.

Отримаємо:

$$Q_{зм} = 918 \times 12 = 11016 \text{ м}^3$$

Отже, змінна продуктивність екскаватора становить 11016 м<sup>3</sup>.

### 3.2.5 Визначення необхідної кількості автосамоскидів

Кількість автосамоскидів визначається:

$$N = \frac{Q_e t_p}{q_a K_a}$$

де:

- $t_p$ — тривалість рейсу;
- $q_a$ — вантажопідйомність автосамоскида;
- $K_a$ — коефіцієнт використання вантажопідйомності.»[3]

Отже, проведені розрахунки показали, що застосування екскаватора ЕКГ-10 забезпечує високу продуктивність при роботі у міцних кварцитах Глеюватського кар'єру.

Розрахункова експлуатаційна продуктивність становить:

- 918 м<sup>3</sup>/год;

- 11016 м<sup>3</sup> за зміну.

### 3.4 Економічна ефективність запропонованих рішень

«Економічна ефективність удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв визначається:

- підвищенням продуктивності;
- скороченням простоїв;
- зниженням експлуатаційних витрат;
- покращенням організації транспортних робіт.

#### 3.3.2 Економічний ефект від підвищення продуктивності

Після удосконалення параметрів вибою очікується:

- збільшення продуктивності на 10–15%;
- скорочення простоїв на 8–12%;
- зменшення витрат пального.

Річний економічний ефект:

$$E = (C_1 - C_2)Q$$

де:

- $C_1$ — собівартість до удосконалення;
- $C_2$ — собівартість після удосконалення;
- $Q$ — річний обсяг робіт.

#### 3.3.3 Зниження собівартості навантаження

За рахунок:

- скорочення часу циклу;

- зменшення перестановок;
- покращення організації транспорту

очікується зниження собівартості навантаження на 5–8%.

### 3.3.4 Соціальний та виробничий ефект

Запропоновані заходи дозволяють:

- підвищити безпечність робіт;
- покращити умови праці машиністів;
- зменшити аварійність;
- знизити навантаження на обладнання.»[9]

Таким чином ,удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв Глеюватського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК» забезпечує:

- підвищення продуктивності екскаваторного комплексу;
- покращення організації транспортних процесів;
- зменшення собівартості видобутку;
- підвищення рівня безпеки ведення гірничих робіт.

Запропоновані технічні рішення є економічно доцільними та можуть бути рекомендовані для практичного впровадження на підприємстві.

### 3.5 Обґрунтування напрямків удосконалення

Ефективність ведення відкритих гірничих робіт у значній мірі залежить від параметрів екскаваторного вибою, які визначають продуктивність навантажувального обладнання, безпеку робіт та собівартість видобутку корисної копалини. В умовах Глеюватського кар'єра ПрАТ ЦГЗК спостерігається ускладнення гірничо-геологічних умов, збільшення глибини розробки та підвищення вимог до

ефективності роботи екскаваторного комплексу. У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв.

Аналіз існуючої організації робіт показав, що основними недоліками є нерівномірне навантаження екскаваторів, недостатня ширина робочих майданчиків, перевищення оптимальної висоти уступів та збільшення тривалості робочого циклу. Це призводить до зниження технічної продуктивності екскаваторів і збільшення простоїв транспортного обладнання.

Основними напрямками удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв є:

- оптимізація висоти уступу;
- визначення раціональної ширини заходки;
- покращення схеми взаємодії екскаваторів і автосамоскидів;
- зменшення втрат часу на допоміжні операції;
- забезпечення безпечних умов праці при виконанні навантажувальних робіт.

Раціональний вибір параметрів вибою дозволяє забезпечити максимальне використання технічних можливостей екскаватора, підвищити продуктивність праці та знизити витрати на видобуток гірничої маси.

Важливим фактором є відповідність параметрів вибою технічним характеристикам екскаватора. При надмірній висоті уступу погіршується якість черпання, збільшується час робочого циклу та підвищується небезпека обвалення порід. Недостатня ширина робочого майданчика ускладнює маневрування транспортних засобів і створює додаткові простої.

Таким чином, удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв є необхідною умовою підвищення ефективності роботи Глеюватського

кар'єра ПрАТ ЦГЗК та забезпечення стабільних техніко-економічних показників підприємства.

### **3.6 Підвищення ефективності роботи екскаватора**

Підвищення ефективності роботи екскаватора є одним із головних завдань при організації відкритих гірничих робіт. Від рівня продуктивності екскаваторного обладнання залежить обсяг видобутку гірничої маси, ритмічність роботи транспорту та економічні показники кар'єра в цілому.

В умовах Глеюватського кар'єра ПрАТ ЦГЗК ефективність роботи екскаваторів значною мірою визначається параметрами вибою, технічним станом обладнання та організацією виробничого процесу. Для підвищення продуктивності екскаваторів доцільно впровадити комплекс організаційно-технічних заходів.

«Одним із основних шляхів підвищення ефективності є оптимізація параметрів вибою. Раціональна висота уступу та ширина заходки забезпечують скорочення тривалості робочого циклу екскаватора та покращують умови навантаження гірничої маси у транспортні засоби.

Важливе значення має також забезпечення безперервної подачі автосамоскидів під навантаження. Нерівномірна робота транспорту призводить до простоїв екскаватора та зниження його експлуатаційної продуктивності. Для усунення цих недоліків необхідно узгодити продуктивність екскаваторного і транспортного обладнання.

Підвищення ефективності роботи екскаватора досягається за рахунок:

- скорочення часу робочого циклу;
- зменшення простоїв обладнання;

- удосконалення схеми встановлення автосамоскидів;
- підтримання оптимального стану робочого майданчика;
- своєчасного технічного обслуговування обладнання;
- застосування сучасних систем контролю та автоматизації.

Для оцінки ефективності роботи екскаватора використовується показник технічної продуктивності:

$$Q_T = \frac{3600 \cdot E \cdot K_n}{t_{\text{ц}}}$$

де:

$Q_T$ — технічна продуктивність екскаватора, м<sup>3</sup>/год;

$E$ — місткість ковша, м<sup>3</sup>;

$K_n$ — коефіцієнт наповнення ківша;

$t_{\text{ц}}$ — тривалість робочого циклу, с.

Зменшення тривалості циклу навіть на декілька секунд дозволяє суттєво збільшити годинну продуктивність екскаватора.

Для підвищення ефективності роботи також доцільно використовувати сучасні системи диспетчеризації та GPS-контролю, які дозволяють координувати роботу екскаваторів і транспортних засобів у режимі реального часу.»[7]

Отже, впровадження запропонованих заходів дозволить підвищити продуктивність екскаваторного обладнання, знизити експлуатаційні витрати та покращити техніко-економічні показники роботи Глеуватського кар'єра ПрАТ ЦГЗК.

#### **4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

«Охорона праці на підприємствах гірничодобувної промисловості є одним із найважливіших напрямків виробничої діяльності. Виконання відкритих гірничих робіт у Глеюватському кар'єрі ПрАТ ЦГЗК супроводжується дією небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на працівників та виробниче обладнання. Тому забезпечення безпечних умов праці є необхідною умовою ефективного функціонування підприємства.

Основними небезпечними факторами при виконанні екскаваторних робіт є:

- обвалення уступів і окремих шматків породи;
- робота великогабаритної техніки;
- підвищений рівень пилу та шуму;
- вібрація;
- небезпека ураження електричним струмом;
- несприятливі метеорологічні умови;
- можливість зіткнення транспортних засобів.»[13]

«Для забезпечення безпечної роботи екскаваторів необхідно дотримуватись встановлених параметрів уступів і робочих майданчиків. Робочий майданчик повинен бути спланований, очищений від сторонніх предметів та мати достатню ширину для безпечного руху автосамоскидів.

Перед початком роботи машиніст екскаватора зобов'язаний:

- перевірити технічний стан обладнання;
- оглянути механізми та електрообладнання;
- переконатися у справності гальмівної системи;
- перевірити стан канатів, ківша та ходової частини;

- впевнитися у відсутності людей у небезпечній зоні.

Під час виконання навантажувальних робіт забороняється:

- перебування людей у радіусі дії екскаватора;
- виконання ремонтних робіт при працюючому обладнанні;
- перевищення допустимого навантаження ківша;
- рух автосамоскидів під ківшем екскаватора;
- робота при несправних сигнальних системах.

Особлива увага приділяється заходам боротьби з пилом. Для зниження запиленості застосовуються системи зрошення, полив автомобільних доріг та використання пилопригнічувальних установок.

З метою зниження рівня шуму і вібрації машиністи повинні використовувати засоби індивідуального захисту:

- захисні каски;
- спецодяг;
- захисні окуляри;
- респіратори;
- протишумові навушники;
- захисне взуття.

Важливим напрямком охорони праці є проведення інструктажів та навчання персоналу. Працівники повинні проходити:

- вступний інструктаж;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний інструктаж;

- позаплановий інструктаж у разі зміни умов праці.

Для забезпечення пожежної безпеки на кар'єрі повинні бути передбачені:

- первинні засоби пожежогасіння;
- справні системи електрозахисту;
- заземлення електрообладнання;
- вільний доступ до евакуаційних шляхів.»[10]

Дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки дозволяє знизити рівень виробничого травматизму, підвищити надійність роботи обладнання та забезпечити безпечні умови праці на Глеюватському кар'єрі ПрАТ ЦГЗК.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз технологічної схеми та параметрів екскаваторних вибоїв Глеюватського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК», а також розроблено заходи щодо їх удосконалення та оцінено техніко-економічну ефективність запропонованих рішень.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що:

- Глеюватське родовище характеризується складними гірничо-геологічними умовами, зумовленими високою міцністю та абразивністю магнетитових кварцитів;
- існуюча технологічна схема розробки забезпечує стабільний видобуток руди, однак має резерви підвищення ефективності за рахунок оптимізації параметрів екскаваторних вибоїв;
- основними факторами, що впливають на продуктивність екскаваторів, є якість буровибухової підготовки, параметри уступів, організація роботи транспорту та стан робочих майданчиків.

У процесі роботи:

- проаналізовано існуючу технологічну схему відкритої розробки родовища;
- встановлено раціональні параметри екскаваторних вибоїв (висота уступу, ширина робочого майданчика, довжина вибою);
- виконано розрахунок продуктивності екскаватора ЕКГ-10;
- визначено економічну ефективність запропонованих заходів.

Розрахунками встановлено, що:

- технічна продуктивність екскаватора становить 1080 м<sup>3</sup>/год;
- експлуатаційна продуктивність — 918 м<sup>3</sup>/год;
- змінна продуктивність — 11016 м<sup>3</sup>/зміну.

Запропоновані заходи щодо удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв дозволяють:

- підвищити продуктивність екскаваторного комплексу на 10–15%;
- знизити простої техніки;
- покращити організацію роботи автотранспорту;
- зменшити собівартість навантажувальних робіт на 5–8%.

Розрахований річний економічний ефект становить близько 10–12 млн грн, що підтверджує доцільність впровадження запропонованих технічних рішень.

Отже, удосконалення параметрів екскаваторних вибоїв є ефективним напрямом підвищення продуктивності та економічної ефективності розробки Глеюватського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів гірничих спеціальностей. РОБОЧА ПРОГРАМА ПЕРЕДДИПЛОМНОЇ ПРАКТИКИ здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем. Запоріжжя, 2024.
3. Бондаренко А.О. Гірничі машини для гірничих робіт: навч. посіб. / А.О. Бондаренко. – Д.: НГУ, 2003. – 90 с
4. Сайт Центральний ГЗК <https://cgok.metinvestholding.com> (дата звернення 25.05.2026)
- 5 Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. К. : Основа, 2010. 184 с.
- 6 Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 1. Гірничі роботи, ліквідація гірничодобувних підприємств. Техніко - економічна оцінка та показники. Київ, «Міністерство промислової політики України», 2007.
- 7 Транспорт на гірничих підприємствах: Підручник для вузів. 3-те вид./ Заг. редагування доповнень і змін проф. М.Я. Біліченка. Д.: НГУ, 2005. 636 с.
8. Паспорт № 49 « Облаштування і експлуатація перевантажувального пункту «Проммайданчик»
9. Правила безпеки під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. Затв. наказом Держгірпромнагляду України(<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-10#Text> .
10. Інструкція з охорони праці № 01-01-01 для машиніста екскаватора Глеюватського кар'єру ПАТ «ЦГЗК»
11. Матеріали виробничої практики ПрАТ ЦГЗК.
12. Закон України «Про охорону праці».

13. НПАОП 0.00-1.24-10. Правила безпеки під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом.
14. Кучерявий Ф.І. Процеси відкритих гірничих робіт. – Дніпро: НГУ, 2015. – 420 с.
15. Посібник та інструкції з експлуатації екскаваторів ЕКГ-5, ЕКГ-6,3УС, ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К, Hitachi EX-2500-6, Hitachi EX-3600-6.
16. Hua H. Y., Lin S. W., Shen Z. H. A New Method of the Constraints Expression and Handling for Excavator Boom Structural Optimization. *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 479-481. P. 1851–1856.
17. Vahdatikhaki F., Hammad A., Siddiqui H. Optimization-based excavator pose estimation using real-time location systems. *Automation in Construction*. 2015.
18. Reliability analysis of excavator boom considering mixed uncertain variables / Y. Zhang et al. *Quality and Reliability Engineering International*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1002/qre.2808> .