

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	<u>Навчально-науковий технологічний інститут</u>
Кафедра	<u>хімічних технологій та інженерії</u>
Спеціальність	<u>184 Гірництво</u>
Форма навчання	денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Драчука Олександра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

**Комплексне використання порід при розробці крутоспадного
родовища залізних руд ПрАТ «ІнГЗК»**

на тему

(повна назва теми)

за матеріалами

ПрАТ «ІнГЗК»

(повна назва бази дослідження)

Науковий керівник **д.т.н., проф.**

*(наук. ступінь, вчене
звання)*

_____ **Темченко О.А.**
(підпис) (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри ХТІ

від 12.06. 2026р. № 16

Завідувач кафедри

(підпис)

Наук. ступінь, вчене звання Ініціали, прізвище

[illegible]

« _____ » (підпис) _____ (посада, вчене звання, прізвище ініціали) **20 року**

(прізвище, ім'я, по батькові)

- керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи д.т.н., проф. Темченко О.А.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
(за необхідності)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної бакалаврської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Проф. Темченко О.А.		
Основна частина	Проф. Темченко О.А.		
Екологічні аспекти, охорона праці та цивільний захист	Проф. Темченко О.А.		

7. Дата видачі завдання «__06» _____ 04 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної бакалаврської роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	12.05.2026	
2.	Основна частина	26.05.2026	
3.	Екологічні аспекти, охорона праці та цивільний захист	30.05.2026	
4.	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2026	
5.	Виконання графічної частини (за необхідності)		
6.	Подання роботи до кафедри ХТІ з попередньою оцінкою відсотка схожості матеріалів дослідження	03.06.2026	
7.	Захист роботи в ЕК	18.06.2026	

Здобувач

(підпис)

Драчук О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи

(підпис)

Темченко О.А.

(прізвище та ініціали)

*Примітка. Бланк друкується з обох сторін на одному аркуші.

АНОТАЦІЯ

Драчук О.С. Комплексне використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнгЗК». Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи за ОП Гірництво: 103 стор., 15 рис., 3 табл., 42 літ. джер.

У кваліфікаційній роботі розглянуто актуальні питання підвищення ефективності відкритої розробки крутоспадних родовищ залізних руд в умовах діяльності ПрАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат». Основну увагу приділено комплексному використанню розкривних і супутніх гірських порід, які утворюються під час ведення відкритих гірничих робіт, а також обґрунтуванню технологічних рішень щодо їх раціонального застосування у виробничому циклі підприємства. У роботі досліджено сучасний стан відкритих гірничих робіт в Україні та світі, проаналізовано тенденції розвитку кар'єрного видобутку корисних копалин, сучасні технології видобутку, навантаження і транспортування гірничої маси. Особливу увагу приділено проблемам накопичення розкривних порід, збільшенню площ відвалів та негативному впливу гірничого виробництва на довкілля.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є обґрунтування та розробка технічних рішень щодо комплексного використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнгЗК» з метою підвищення ефективності гірничих робіт, раціонального використання мінеральної сировини та зниження екологічного навантаження. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати сучасний стан розробки крутоспадних родовищ залізних руд в Україні та світі; дослідити гірничо-геологічні умови родовища ПрАТ «ІнгЗК»; виконати аналіз технології ведення ВГР на досліджуваному гірничозбагачувальному підприємстві; визначити обсяги утворення розкривних порід та напрямки їх використання; дослідити можливості комплексного використання гірських порід у виробничих та будівельних цілях; обґрунтувати технічні та організаційно-управлінські рішення щодо зниження обсягів відвалоутворення; оцінити економічну ефективність запропонованих заходів; проаналізувати екологічні аспекти комплексного використання гірських порід; розробити рекомендації щодо впровадження запропонованих технологічних рішень у гірниче виробництво.

Об'єктом дослідження є процес подальшої розробки крутоспадного родовища залізних руд в умовах ПрАТ «ІнгЗК»; предметом дослідження є технологічні та організаційні рішення щодо комплексного використання розкривних порід при відновленні розробки крутоспадного родовища залізних руд.

В аналітичній частині наведено характеристику виробничої діяльності ПрАТ «ІнгЗК», виконано аналіз геологічної будови родовища, фізико-механічних властивостей гірських порід, гідрогеологічних та кліматичних умов відновлення ведення гірничих робіт. Розглянуто гірничо-технічні параметри кар'єру, систему розробки родовища, умови розкриття рудних тіл та організацію відкритих гірничих робіт. Значну увагу приділено питанням внутрішнього та зовнішнього відвалоутворення, а також можливості повторного використання розкривних порід для формування технологічних майданчиків, автомобільних доріг, дамб обвалування хвостосховищ, укріплення укосів і рекультивації порушених земель. Після 2022 року до липня 2024 комбінат працював практично на мінімальному освоєнні проектної потужності, тому при відновленні його функціонування з урахуванням забезпечення поліпшення комплексного використання порід при подальшій розробці залізрудного родовища доцільно здійснити першочергові проритетні технологічні заходи з реконструкції Інгулецького кар'єру, які раніше рекомендовані до реалізації у 2022 році, але так і не були впроваджені внаслідок тривалої зупинки виробничо-господарської діяльності.

В основній частині виконано розрахунок технологічних параметрів умовного кар'єру: обґрунтовано способи розкриття та систему розробки родовища, підготовку порід до виймання, організацію виймально-навантажувальних робіт і транспортування гірничої маси. Розглянуто питання відвалоутворення розкривних порід та наведено загальні підходи до рекультивації порушених земель.

Розділ з екологічних аспектів, охорони праці та цивільного захисту присвячено екологічним аспектам відкритої розробки родовища, питанням охорони праці та цивільного захисту. Проаналізовано основні джерела негативного впливу гірничих робіт в кар'єрі на довкілля, зокрема пилогазові викиди, шум, вібрації, порушення земель та забруднення поверхневих і підземних вод. Розглянуто комплекс технологічних та організаційно-управлінських заходів щодо охорони навколишнього середовища, безпеки праці, протипожежного захисту та попередження аварійних ситуацій в залізрудному кар'єрі ПрАТ «ІнгЗК» при його можливій подальшій експлуатації.

У висновках обґрунтовано доцільність комплексного використання розкривних порід як вторинної мінеральної сировини, що дозволяє зменшити обсяги складування відходів, скоротити площі порушених земель та знизити витрати на транспортування і відвалоутворення у разі прийняття рішення про відновлення діяльності комбінату. Запропоновані технологічні рішення спрямовані на підвищення ресурсоефективності гірничого виробництва, покращення екологічних показників діяльності гірничозбагачувального підприємства та раціональне використання природних ресурсів. У роботі доведена об'єктивна необхідність забезпечення мінімізації обсягів зовнішнього відвалоутворення, оптимізації транспортних потоків та зниження витрат на складування відходів. Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні систем внутрішнього відвалоутворення, рекультивації глибоких кар'єрів та вдосконаленні технологій відкритої розробки залізрудних родовищ.

Ключові слова: крутоспадне родовище, залізна руда, комплексне використання порід, розкривні породи, внутрішнє відвалоутворення, ресурсозбереження, гірничі роботи, екологічна безпека, техногенні відходи, рекультивація земель.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

КБР- кваліфікаційна бакалаврська робота

ВГР – відкриті гірничі роботи

РРКК – розробка родовищ корисних копалин (відкритим способом)

ГМК -гірничо-металургійний комплекс (України)

ГЗК – гірничо-збагачувальний комбінат

ПрАТ – приватне акціонерне товариство (ІнГЗК)

ПАТ – публічне акцонерне товариство

ЦПТ – циклічно-поточкова технологія

ЗРС -залізородна сировина

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
<i>Актуальність теми. Мета і завдання роботи. Об'єкт і предмет дослідження. Методи дослідження.</i>	
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1 Сучасний стан відкритих гірничих робіт в Україні та світі.....	11
1.2 Характеристика технологій видобутку та транспортування гірничої маси в сучасних кар'єрах.....	14
1.3 Проблеми та тенденції розвитку відкритих гірничих робіт з аналізом сучасних фахових джерел за обраною науковою проблематикою. Інформація про характеристику гірничозбагачувального підприємства ПрАТ «ІнГЗК».....	19
1.4 Геологічна будова обраного родовища корисних копалин.....	25
1.5 Фізико-механічні властивості гірських порід.....	28
1.6 Гідрогеологічні та кліматичні умови розробки родовища.....	31
1.7 Гірничо-технічна характеристика (запаси, потужність пластів/рудних тіл, розкриття та система розробка родовища).....	34
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА «Розрахунок технологічних параметрів умовного кар'єру згідно даних свого варіанту».....	44
<i>Вступ.....</i>	<i>45</i>
<i>1.1 Загальна організація відкритих гірничих робіт.....</i>	<i>47</i>
<i>1.2 Розкриття та система розробки умовного родовища.....</i>	<i>50</i>
<i>1.3 Підготовка гірських порід до виймання.....</i>	<i>63</i>
<i>1.4 Виймально-навантажувальні роботи.....</i>	<i>71</i>
<i>1.5 Транспортування кар'єрних вантажів.....</i>	<i>72</i>
<i>1.6 Відваловідтворення розкривних порід.....</i>	<i>76</i>
<i>1.7 Рекultyвація земель, порушених гірничими роботами (загальна інформація).....</i>	<i>77</i>
3. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	80
3.1 Основні екологічні проблеми при відкритій розробці родовища корисної копалини.....	80
3.2 Технологічні заходи з охорони навколишнього середовища.....	83
3.3 Система протипаварійного захисту і безпека праці на кар'єрі.....	87
3.4 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на відкритих гірничих роботах.....	90
3.5 Технічні та організаційні заходи безпеки.....	94
3.6 Пожежна безпека і заходи цивільного захисту.....	97
ВИСНОВКИ.....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104
ДОДАТКИ.....	109
<i>Креслення (план гірничих робіт, розрізи, робочі майданчики, транспортні схеми)</i>	
<i>Розрахункові формули, пояснення, таблиці, графіки</i>	

ВСТУП

Гірничодобувна промисловість України є однією з базових галузей національної економіки, яка формує значну частину експортного потенціалу держави та забезпечує сировиною металургійний комплекс. Особливе місце серед підприємств гірничорудної галузі займають гірничо-збагачувальні комбінати Криворізького залізрудного басейну, зокрема ПрАТ «ІнГЗК», діяльність якого до липня 2024 року була спрямована на видобуток і переробку залізних руд відкритим способом.

У сучасних умовах 2022–2026 років функціонування гірничих підприємств України відбувалося під впливом складних економічних, енергетичних та воєнних факторів. Порушення логістичних ланцюгів, зростання вартості енергоносіїв зі значною часткою імпорту, необхідність зниження собівартості кінцевої залізовмісткої продукції та підвищення екологічної безпеки виробництва обумовлюють потребу у впровадженні ресурсозберігаючих технологій. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності відкритих гірничих робіт (ВГР) є комплексне використання розкривних та супутніх порід, що дозволяє зменшити обсяги відвалоутворення, раціонально використовувати мінерально-сировинні ресурси та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

При розробці крутоспадних родовищ залізних руд утворюються значні обсяги скельних і напівскельних порід, які здебільшого складаються у зовнішніх та внутрішніх відвалах. Разом із тим ці породи можуть бути використані як сировина для будівельної індустрії, рекультивації земель, формування дамб хвостосховищ, дорожнього будівництва безпосередньо в кар'єрі для підсипання, закладки виробленого простору та інших технологічних потреб. Раціональне використання таких матеріалів дозволяє не лише підвищити економічну ефективність підприємства, а й забезпечити екологічну стабільність Криворізького регіону.

Для ПрАТ «ІнГЗК» питання комплексного використання порід є особливо актуальним через значні масштаби ВГР, складні гірничо-геологічні умови крутоспадного родовища та необхідність оптимізації системи складування розкривних порід. У зв'язку з цим дослідження технологічних і організаційних рішень щодо ефективного потенційного використання порід розкриву має важливе наукове та практичне значення.

Таким чином, тема кваліфікаційної бакалаврської роботи є актуальною, оскільки спрямована на вирішення питань підвищення комплексності використання мінеральних ресурсів, зниження техногенного навантаження та покращення техніко-економічних показників роботи гірничозбагачувального підприємства на перспективу при відновленні його функціонування.

Метою кваліфікаційної бакалаврської роботи є обґрунтування та розробка технічних рішень щодо комплексного використання порід при подальшій розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнГЗК» з метою потенційного підвищення ефективності гірничих робіт, раціонального використання мінеральних ресурсів та зниження екологічного навантаження у разі відновлення діяльності комбінату.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити *наступні завдання*:

1. Проаналізувати сучасний стан розробки крутоспадних родовищ залізних руд в Україні та світі;
2. Дослідити гірничо-геологічні умови родовища ПрАТ «ІнГЗК»;
3. Виконати аналіз технології ведення ВГР на досліджуваному гірничозбагачувальному підприємстві.
4. Визначити обсяги утворення розкривних порід та напрямки їх використання.
5. Дослідити можливості комплексного використання гірських порід у виробничих та будівельних цілях.
6. Обґрунтувати технічні та організаційно-управлінські рішення щодо зниження обсягів відвалоутворення.
7. Оцінити економічну ефективність запропонованих заходів.
8. Проаналізувати екологічні аспекти комплексного використання гірських порід.

9. Розробити рекомендації щодо впровадження запропонованих технологічних рішень у гірниче виробництво.

Об'єктом дослідження є процес подальшої розробки крутоспадного родовища залізних руд в умовах ПрАТ «ІнГЗК».

Предметом дослідження є технологічні та організаційні рішення щодо комплексного використання розкривних порід при відкритій розробці крутоспадного родовища залізних руд.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі використано комплекс загальнонаукових і спеціальних *методів дослідження*, зокрема:

- аналіз та узагальнення науково-технічної фахової вітчизняної та іноземної літератури, нормативної документації та аналітичних даних з проектів розробки родовища та звітів про виконання виробничої програми в Інгuleцькому кар'єрі;
- гірничо-геологічний аналіз умов розробки залізрудного родовища;
- техніко-економічний аналіз показників діяльності досліджуваного гірничозбагачувального підприємства;
- методи математичного та інженерного моделювання технологічних процесів;
- порівняльний аналіз варіантів використання розкривних порід;
- графоаналітичні методи при оцінці параметрів ВГР;
- економічні методи оцінки ефективності запропонованих рішень;
- методи екологічного аналізу впливу гірничих робіт на навколишнє середовище.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих рішень для підвищення ефективності використання мінерально-сировинних ресурсів та вдосконалення технології ведення гірничих робіт на гірничозбагачувальних підприємствах ГМК України.

Структура роботи. *Робота складається зі вступу, трьох основних розділів, висновків та списку використаних джерел, додатків.*

У першому розділі наведено аналітичний огляд сучасного стану ВГР, характеристику підприємства ПрАТ «ІнГЗК», геологічні та гірничо-технічні умови розробки родовища.

У другому розділі виконано розрахунок технологічних параметрів умовного кар'єру, розглянуто процеси підготовки порід до виймання, навантаження, транспортування, відвалоутворення, рекультивації.

У третьому розділі досліджено екологічні аспекти відкритої розробки родовища, заходи з охорони праці, техніки безпеки, цивільного захисту та охорони навколишнього середовища.

У висновках наведено основні результати проведеного дослідження та практичні рекомендації щодо доцільності комплексного використання порід при подальшій розробці крутоспадних родовищ залізних руд.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Сучасний стан відкритих гірничих робіт в Україні та світі

Відкритий спосіб розробки родовищ корисних копалин є одним із найбільш поширених та економічно ефективних методів видобутку мінеральної сировини у світі. Його застосування забезпечує високий рівень продуктивності, можливість використання потужної високопродуктивної техніки, відносно низьку собівартість видобутку та значний рівень механізації й автоматизації виробничих процесів. У сучасних умовах відкриті гірничі роботи залишаються основним способом видобутку залізних руд, кольорових металів, вугілля, будівельної сировини та інших корисних копалин.

У 2022–2026 роках світова гірничодобувна галузь функціонувала в умовах нестабільної економічної ситуації, енергетичних криз, інфляційних процесів та порушення міжнародних логістичних зв'язків. Незважаючи на це, попит на залізорудну сировину залишався відносно високим у зв'язку з розвитком металургії, будівництва, машинобудування та інфраструктурних проєктів навіть в умовах невизначеності цінових характеристик на ринках металопродукції.

Провідними країнами з видобутку залізної руди в теперішній час залишаються: Австралія; Бразилія; Китай; Індія; Канада; ПАР.

Світові гірничодобувні компанії активно впроваджують сучасні технології ведення відкритих робіт: автоматизовані бурові установки; безпілотні кар'єрні самоскиди; цифрові системи управління гірничим виробництвом; GPS-моніторинг техніки; енергоощадні технології транспортування; системи геомеханічного контролю стійкості бортів кар'єрів.

Особлива увага приділяється екологічним аспектам відкритого видобутку. У більшості розвинених країн світу реалізуються програми: мінімізації площ відвалів; повторного використання розкритих порід та техногенних родовищ (відвалів та хвостосховищ); рекультивації порушених земель; скорочення викидів пилу та парникових газів; зменшення енергоспоживання.

У сучасній міжнародній практиці комплексне використання розкривних порід є одним із ключових напрямів ресурсозбереження. Породи розкриву використовуються: у дорожньому будівництві; для спорудження дамб обвалування хвостосховищ і технічних споруд; як будівельний щебінь; для рекультивації порушених земель; для закладки виробленого простору в кар'єрі – внутрішнє відвалоутворення; у виробництві будівельних матеріалів.

Значна увага приділяється переходу до концепції «зеленої» та циркулярної економіки, де відходи гірничого виробництва розглядаються як важливий вторинний ресурс. Це дозволяє суттєво знижувати техногенне навантаження на навколишнє середовище та підвищувати економічну ефективність гірничих підприємств.

Стан відкритих гірничих робіт в Україні. Україна належить до провідних держав світу за запасами залізних руд. Основні родовища зосереджені в межах Криворізького залізорудного басейну, Кременчуцького та Білозерського залізорудних районів. Найбільші підприємства галузі здійснюють видобуток руди переважно відкритим способом.

Ключову роль у розвитку ВГР в Кривбасі відіграють: ПрАТ «ІнГЗК» (до липня 2024 року); ПрАТ “Північний ГЗК”; ПрАТ “Центральний ГЗК”; АТ “Південний ГЗК”; кар'єр №2-біс та №3 гірничого дивізіону ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг”.

У 2022–2026 роках діяльність гірничорудних підприємств України суттєво ускладнилася через: воєнні дії та негативний вплив воєнного стану; пошкодження енергетичної інфраструктури; перебої електропостачання; зростання вартості палива та вибухових матеріалів; ускладнення експорту товарної продукції; дефіцит запасних частин та обладнання.

Незважаючи на складні умови, більшість великих гірничодобувних підприємств продовжили роботу та адаптували виробничі процеси до нових економічних реалій. Основними напрямками оптимізації стали: зниження собівартості видобутку; скорочення непродуктивних витрат; підвищення коефіцієнта використання техніки; оптимізація транспортних схем; раціональне

використання розкривних порід. Для кар'єрів Криворізького басейну характерні складні гірничо-геологічні умови розробки залізорудних родовищ: значна глибина кар'єрів (понад 400 метрів); крутоспадне залягання рудних тіл зі складною текстурно-структурною характеристикою; великі обсяги розкривних робіт; високий коефіцієнт розкриву; необхідність підтримання стійкості бортів кар'єру.

У зв'язку з поглибленням кар'єрів значно збільшуються витрати на транспортування гірничої маси. Тому одним із найважливіших напрямів розвитку ВГР є вдосконалення систем внутрішнього відвалоутворення та комплексного використання порід розкриву. Крутоспадні родовища залізних руд характеризуються: значними кутами падіння рудних тіл; складною конфігурацією покладів та текстурно-структурною характеристикою гірських порід; нерівномірністю потужності рудних пластів з зонами окислених руд; підвищеним обсягом розкривних робіт; складними умовами транспортування гірничої маси.

При розробці таких родовищ особливого значення набувають: раціональне формування робочих бортів кар'єру; забезпечення стійкості уступів; оптимізація параметрів буропідливних робіт; ефективна організація транспортних потоків; мінімізація площ зовнішніх відвалів.

Однією з основних проблем є накопичення значних обсягів розкривних порід. Традиційне складування порід у відвалах призводить до: вилучення значних площ земель; утворення пилових викидів; погіршення гідрогеологічних умов; збільшення витрат на утримання відвалів; негативного впливу на довкілля. Саме тому у сучасних умовах особливо актуальним є впровадження технологій комплексного використання порід розкриву. Основними тенденціями розвитку відкритого способу видобутку корисних копалин у 2022–2026 роках були:

1. Цифровізація гірничого виробництва, яка проваджуються через: автоматизовані системи диспетчеризації; цифрові моделі кар'єрів; системи супутникового позиціонування; програмні комплекси планування гірничих робіт.

2. Енергоефективність – Гірничі підприємства прагнуть: скоротити витрати палива; оптимізувати маршрути транспорту; використовувати енергоощадне технологічне обладнання; зменшити простої техніки.

3. Комплексне використання мінеральної сировини, в контексті якого розкриті породи дедалі частіше використовуються: як вторинна мінеральна сировина; для виробництва щебеню; у дорожньому будівництві; при рекультивації територій.

4. Екологізація гірничого виробництва, особлива увага при цьому приділяється: зниженню пилових викидів; очищенню кар'єрних вод; рекультивації порушених земель; скороченню площ відвалів.

5. Підвищення безпеки гірничих робіт, для чого використовуються: системи контролю стійкості бортів; автоматичний моніторинг деформацій; сучасні засоби охорони праці; дистанційне керування технікою.

Отже, сучасний стан ВГР в Україні та світі характеризується переходом до ресурсозберігаючих, екологічно безпечних та енергоефективних технологій. Для підприємств Криворізького залізрудного басейну, зокрема ПрАТ «ІнГЗК», актуальним напрямом подальшого розвитку в разі відновлення функціонування є комплексне використання порід розкриття, що дозволяє: знизити обсяги відвалоутворення; скоротити витрати на транспортування та складування гірничої маси; підвищити рівень використання мінеральних ресурсів; зменшити негативний вплив на довкілля; покращити техніко-економічні показники гірничозбагачувального підприємства.

Таким чином, у сучасних умовах комплексне використання порід є важливою складовою раціонального надрокористування, стабільного існування та сталого розвитку гірничодобувної галузі України в найближчій перспективі.

1.2 Технології видобутку та транспортування гірничої маси в сучасних кар'єрах

Сучасний розвиток ВГР характеризується широким впровадженням високопродуктивних технологій видобутку, навантаження та транспортування

гірничої маси. Для підприємств залізорудної галузі України, зокрема ПрАТ «ІнГЗК», ефективність технологічних процесів значною мірою визначає економічні показники гірничого виробництва, собівартість кінцевої залізовмісткої продукції, рівень використання мінеральних ресурсів та екологічну безпеку гірничозбагачувального підприємства.

У 2022–2026 роках гірничодобувні підприємства України працювали в умовах складної економічної ситуації, енергетичних обмежень та зростання витрат на паливо, вибухові матеріали й обслуговування техніки. Це обумовило необхідність удосконалення технологій видобутку та транспортування гірничої маси, впровадження ресурсозберігаючих рішень і підвищення рівня комплексного використання розкривних порід.

Технології видобутку гірничої маси. Відкритий спосіб розробки родовищ полягає у поетапному вийманні розкривних порід і корисної копалини з формуванням уступів (підступів), транспортних берм та робочих площадок. Основними перевагами відкритих гірничих робіт є: висока продуктивність; можливість застосування великогабаритної техніки з великим обсягом ковша; низька собівартість видобутку руд; високий рівень механізації; відносно безпечні умови праці. Як вже раніше зазначалось для крутоспадних родовищ залізних руд характерні: значна глибина кар'єрів; великі обсяги розкриву; складні транспортні схеми; необхідність підтримання стійкості бортів; високий коефіцієнт розкриву. У таких умовах особливого значення набуває правильний вибір технологічних схем розробки та транспортних систем.

Основні технологічні процеси ВГР

Бурові роботи. Бурові роботи є одним із основних етапів підготовки гірничої маси до виймання. У сучасних кар'єрах використовуються: шарошкові бурові верстати; роторні бурові установки; гідравлічні бурові комплекси; високопродуктивні самохідні бурові установки. На гірничодобувних підприємствах Криворізького басейну широко застосовуються бурові станки великого діаметра (зокрема СБШ-250МНА-32) для буріння свердловин глибиною до 15–20 м і більше. Основними напрямками вдосконалення бурових

робіт є: автоматизація процесу буріння; GPS-навігація бурових установок; оптимізація параметрів буровибухових робіт; зниження питомих витрат вибухових речовин; підвищення якості дроблення породи. Раціонально організовані бурові роботи забезпечують: рівномірне дроблення масиву; зниження витрат на екскавацію; зменшення навантаження на транспортне обладнання; скорочення енерговитрат.

Буровибухові роботи. У сучасних кар'єрах переважає технологія масових вибухів. Вибухові роботи застосовуються для: руйнування скельних порід; забезпечення необхідного гранулометричного складу; підготовки породи до навантаження. Основними вибуховими речовинами сьогодні є: емульсійні вибухові речовини (переважно україніт); гранульовані суміші; водостійкі вибухові матеріали. Сучасні системи ініціювання забезпечують: точність підривання; зменшення сейсмічного впливу; зниження пилогазових викидів; покращення якості дроблення і зменшення відсотка негабаритних шматків, а відповідно і обсягів вторинного дроблення. Для крутоспадних родовищ особливе значення має правильний вибір: висоти уступу; параметрів бурової сітки; величини заряду в свердловині; схеми підривання і комутації.

Виймальйо-навантажувальні роботи. Після проведення вибуху гірничу масу навантажують у транспортні засоби. У сучасних кар'єрах в теперішній час використовуються: механічні екскаватори; гідравлічні екскаватори; фронтальні навантажувачі; роторні комплекси. На залізрудних кар'єрах України найбільш поширені: екскаватори типу ЕКГ; гідравлічні екскаватори великої місткості ковша; фронтальні навантажувачі для допоміжних робіт. Основними напрямками удосконалення екскаваційних робіт є: збільшення місткості ковша; автоматизація управління; оптимізація циклу навантаження; зменшення простоїв техніки; цифровий контроль продуктивності. Ефективність екскаваційних робіт в кар'єрі залежить від: якості дроблення породи; організації транспортних потоків; технічного стану обладнання; параметрів робочих площадок.

Технології транспортування гірничої маси. Транспортування гірничої маси є одним із найбільш витратних процесів ВГР. У глибоких кар'єрах транспортні

витрати можуть становити понад 50 % загальної собівартості видобутку сирової руди.

Автомобільний транспорт. Найбільш поширеним видом транспорту у сучасних кар'єрах є автомобільний транспорт. При цьому використовуються: великовантажні кар'єрні самоскиди; дизельні та дизель-електричні машини (дизель-тролейбуси); самоскиди вантажопідйомністю 55–220 т. Основними перевагами автомобільного транспорту є: висока маневреність; можливість роботи на складному рельєфі; швидке переналаштування маршрутів; відносна ефективність у глибоких кар'єрах. Недоліки: високі витрати пального; значний рівень викидів; зростання собівартості при збільшенні глибини кар'єру; значні витрати на утримання доріг.

У 2022–2026 роках особливо актуальними стало забезпечення в кар'єрі: оптимізації транспортних маршрутів; зниження витрат дизельного палива; автоматизації диспетчеризації; контролю технічного стану автосамоскидів.

Залізничний транспорт. На великих кар'єрах із значними вантажопотоками застосовується залізничний транспорт. Основні переваги: низька собівартість перевезень; висока продуктивність; економічність при великих відстанях транспортування. Недоліки: складність перебудови колій; великі капітальні витрати; обмежена мобільність. У сучасних умовах залізничний транспорт часто використовується: для переміщення руди; при транспортуванні розкривних порід; у комбінованих транспортних схемах.

Конвеєрний транспорт. Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування конвеєрного транспорту. Переваги: низьке енергоспоживання; безперервність транспортування; екологічність; можливість автоматизації. Недоліки: складність монтажу; значні початкові інвестиції; обмежена гнучкість. У сучасних кар'єрах активно впроваджуються: циклічно-потоківі технології; дробильно-конвеєрні комплекси, зокрема мобільні і напівстаціонарні; крутопохилі конвеєри. Для глибоких кар'єрів конвеєрний транспорт є одним із найбільш ефективних рішень щодо зниження витрат на транспортування гірничої маси.

На залізорудних кар'єрах дедалі ширше застосовуються комбіновані транспортні схеми з застосуванням можливостей і переваг циклічно-потокової технології: автомобільно-конвеєрні; автомобільно-залізничні; циклічно-потокові комплекси. Їх використання дозволяє: суттєво зменшити витрати пального; скоротити відстані - транспортні плечі; підвищити продуктивність техніки; знизити собівартість видобутку сирової руди. Для кар'єрів із великою глибиною та складними умовами розробки комбіновані системи є найбільш перспективними.

У 2022–2026 роках у світовій та українській практиці активно впроваджувалися цифрові технології транспортування гірничої маси: автоматизовані системи диспетчеризації; GPS-моніторинг техніки; системи контролю витрат пального; програмні комплекси управління глибоким кар'єром; автоматизоване планування маршрутів. При цьому застосування цифровізації дозволяє: скорочувати простої техніки; оптимізувати навантаження; підвищувати коефіцієнт використання технологічного обладнання; знижувати експлуатаційні витрати розробки родовища корисної копалини.

Сучасні технології видобутку та транспортування гірничої маси в кар'єрах характеризуються високим рівнем механізації, автоматизації та впровадженням ресурсозберігаючих рішень. Для крутоспадних родовищ залізних руд особливо важливими є: оптимізація буровибухових робіт; ефективна організація транспортних потоків; впровадження комбінованих транспортних систем (звикористанням переваг циклічно-потокових технологій та можливостей конвеєрного транспорту); цифровізація виробничих процесів; комплексне використання розкривних порід.

Для ПрАТ «ІнГЗК» удосконалення технологій ВГР є важливим напрямом підвищення економічної ефективності гірничого виробництва, зниження витрат видобутку сирової руди та забезпечення раціонального використання природних ресурсів.

1.3 Проблеми та тенденції розвитку відкритих гірничих робіт (з урахуванням сучасних фахових джерел і виробничих умов 2022–2024 рр.)

1. Загальна характеристика сучасного етапу розвитку ВГР

Сучасний етап розвитку ВГР у світі та Україні (2022–2026 рр.) характеризується переходом від класичної ресурсно-орієнтованої моделі до ресурсоефективної та екологічно збалансованої моделі видобутку корисних копалин. У фахових джерелах (зокрема в працях Інституту геотехнічної механіки НАН України, оглядах міжнародних науково-практичних гірничих конференцій, публікаціях SME та Australasian Mining Review) підкреслюється, що ключовими драйверами змін є: зростання глибини кар'єрів; підвищення коефіцієнта розкриву; енергетична криза та подорожчання палива; цифровізація гірничого виробництва; посилення екологічних вимог згідно останніх прийнятих рекомендацій цілей сталого розвитку держави до 2030 року; необхідність комплексного використання мінеральної сировини. Для залізорудної галузі України ці тенденції проявляються особливо гостро через концентрацію виробництва у Криворізькому басейні та значну частку ВГР.

2. Основні проблеми розвитку ВГР

2.1. Зростання глибини кар'єрів і транспортних витрат. Однією з ключових проблем, що відзначається у сучасних наукових публікаціях, є постійне збільшення глибини кар'єрів. Це призводить до: зростання довжини транспортних плечей; підвищення витрат на паливо та обслуговування техніки; зниження продуктивності автомобільного транспорту; ускладнення організації гірничих робіт. Для крутоспадних родовищ, таких як у ПрАТ «ІнГЗК», ця проблема є визначальною, оскільки розробка велася в умовах постійного поглиблення кар'єру.

2.2. Високий коефіцієнт розкриву. У сучасних умовах коефіцієнт розкриву на залізорудних кар'єрах Кривбасу досягає критичних значень. Це зумовлює: значні обсяги переміщення порід; збільшення навантаження на транспортні системи; необхідність розширення відвальних площ; підвищення собівартості видобутку сирової руди. Фахові джерела підкреслюють, що без впровадження

комплексного використання розкривних порід подальша експлуатація глибоких кар'єрів стає економічно менш ефективною.

2.3. Проблема відвалоутворення та екологічного навантаження. У 2022–2026 роках особливо актуалізувались екологічні аспекти гірничих робіт: накопичення великих обсягів відвалів; пилове забруднення атмосферного повітря; порушення земельних ресурсів; вплив на підземні та поверхневі води. У наукових роботах підкреслюється, що традиційна модель «видобуток – відвал» поступово замінюється моделлю «видобуток – переробка – повторне використання порід».

2.4. Енергетичні та економічні обмеження (2022–2026 рр.). В Україні додатковим негативним фактором стали: дефіцит електроенергії власного виробництва; зростання вартості дизельного палива; логістичні ускладнення; зношеність гірничого обладнання. Це призвело до необхідності: оптимізації технологічних схем; скорочення енергоспоживання; підвищення коефіцієнта використання техніки; переходу до комбінованих транспортних систем.

2.5. Зношеність основних фондів. За даними галузевих оглядів, значна частина обладнання на вітчизняних кар'єрах експлуатується понад нормативний термін. Це спричиняє внаслідок високого коефіцієнта спрацювання устаткування -більше 70 %: часті простої техніки; зниження надійності технологічних процесів; збільшення витрат на поточний та капітальний ремонт; зниження продуктивності.

3. Сучасні тенденції розвитку відкритих гірничих робіт

3.1. Цифровізація та автоматизація. У міжнародній практиці (Rio Tinto, BHP, Vale) та частково в Україні активно впроваджуються: автономні самоскиди; системи GPS-диспетчеризації; цифрові моделі кар'єрів (Mine-to-Mill концепція, концепція комплексної оптимізації процесів від видобутку до подрібнення руди); системи предиктивного обслуговування техніки; 3D-моделювання гірничих процесів. Це дозволяє: зменшити витрати гірничого виробництва; підвищити безпеку; оптимізувати логістику.

3.2. Поглиблення циклічно-потоків технологій. Сучасна тенденція — перехід від застосування чисто автомобільного транспорту в залізрудних кар'єрах до: дробильно-конвеєрних комплексів; циклічно-потоків систем; комбінованих транспортних схем. Це особливо важливо для глибоких кар'єрів Кривбасу.

3.3. Комплексне використання мінеральної сировини. У фахових джерелах наголошується на переході до концепції повного використання гірничої маси, зокрема розкриті породи використовуються: у дорожньому будівництві; для виробництва окремих видів щебеню; для рекультивації земель; як закладний матеріал; для будівництва дамб хвостосховищ і відвалів.

3.4. Екологізація виробництва. Основні напрями здійснення: зменшення площ відвалів; рекультивація територій; зниження пилових викидів; повторне використання відходів; впровадження ESG-підходів у гірничій промисловості.

3.5. Підвищення безпеки гірничих робіт. Сучасні системи безпеки включають: геомеханічний моніторинг бортів кар'єру; автоматичний контроль деформацій; дистанційне керування технікою; системи раннього попередження аварій.

4. Характеристика гірничо-збагачувального підприємства ПрАТ «ІнГЗК»

4.1. Загальні відомості. ПрАТ «ІнГЗК» є одним із провідних гірничо-збагачувальних підприємств Криворізького залізрудного басейну, яке спеціалізувалося на відкритій розробці крутоспадних родовищ залізних кварцитів [1]. Основні види діяльності: видобуток залізної руди відкритим способом; дроблення та збагачення сировини; виробництво залізрудного концентрату високої якості з використанням технології магнітно-флотаційного доведення; транспортування гірничої маси.

4.2. Гірничо-геологічні умови. Родовища підприємства характеризуються: крутоспадним заляганням рудних тіл; значною глибиною кар'єрів (найглибший кар'єр в Європі); чергуванням рудних і безрудних порід; високим коефіцієнтом розкриття; складними умовами стійкості бортів кар'єру.

4.3. *Технологічна структура виробництва.* На підприємстві застосовується: буровибухова підготовка масиву; екскаваторне навантаження; автомобільний транспорт великої вантажопідйомності; дробильно-збагачувальні комплекси.

4.4. *Основні виробничі проблеми (2022–липень 2024 рр.).* У сучасних умовах для підприємства характерні: зростання витрат на транспортування; обмеження енергопостачання; збільшення обсягів розкриву; складність утилізації порід; необхідність оптимізації логістики; потреба в екологічних рішеннях.

4.5. *Актуальність комплексного використання порід.* Для ПрАТ «ІнГЗК» особливо важливими були: використання розкривних порід у будівництві; формування внутрішніх відвалів; зменшення площ складування; скорочення транспортних витрат; підвищення економічної ефективності гірничого виробництва.

ОГЛЯД ФАХОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ щодо доцільності комплексного використання порід у разі прийняття рішення про відновлення подальшої розробки залізрудного родовища ПрАТ «ІнГЗК»

1. *Загальні положення та сучасні наукові підходи.* Сучасний розвиток ВГР у 2021–2026 роках характеризується переходом до ресурсоефективної та екологічно збалансованої моделі видобутку корисних копалин. У наукових працях провідних дослідників та вчених-практиків наголошується, що гірничі відходи, зокрема розкривні породи, поступово переходять із категорії відходів у категорію вторинної мінеральної сировини. Зокрема, у дослідженні Giurco et al. (2021) встановлено, що інтеграція принципів циркулярної економіки у гірничу промисловість на основі сучасних моделей дозволяє суттєво зменшити обсяги відходів та підвищити ефективність використання ресурсів [2].

2. *Циркулярна економіка та управління гірничими відходами.* У роботі Velenturf & Purnell (2022) розглядається впровадження циркулярної економіки у промислових системах. Автори доводять, що повторне використання відходів гірничого виробництва дозволяє скоротити їх обсяг до 40–60% [3].

3. *Використання розкривних порід як вторинної сировини.* Lottermoser (2022) у монографії з управління гірничими відходами розглядає можливості використання розкривних порід у будівництві, рекультивації та промисловості будівельних матеріалів [4]. Автор підкреслює, що скельні породи залізорудних кар'єрів мають високий потенціал повторного використання за умови належної класифікації та підготовки.

4. *Геомеханічні аспекти відкритої розробки родовищ.* У дослідженні Du & Cheng (2023) розглядаються питання стійкості бортів глибоких кар'єрів із врахуванням геологічної будови масиву. Встановлено, що тріщинуватість та водонасичення істотно впливають на стійкість укосів, що є критичним при формуванні внутрішніх відвалів [5, 6].

5. *Технології транспортування гірничої маси.* Dilnawaz Kaur (2022) та інші вчені досліджують впровадження автономних транспортних систем у відкритих кар'єрах. Доведено, що автоматизація транспорту дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 20–30% [7, 8].

6. *Цифровізація гірничих процесів.* Shouki A. Ebad (квіт. 2026) та інші розглядають концепцію цифрового кар'єру, яка базується на використанні цифрових двійників та систем оптимізації потоків гірничої маси. Це дозволяє інтегрувати процеси видобутку, транспортування та складування порід у єдину систему управління, зокрема розробити модель сценарію первинної розвідки, видобутку та постачання металів (PEMMSS) з урахуванням стохастичного розуміння вимог до видобутку корисних копалин, розробки кар'єрів та видобутку побічних продуктів для задоволення попиту в низьковуглецевому майбутньому [9-25].

7. *Вітчизняні дослідження відкритих гірничих робіт.* У наукових роботах НТУ «Дніпровська політехніка», Криворізького національного університету та Інституту геотехнічної механіки НАН України встановлено, що: до 30–45% розкривних порід можуть бути використані повторно; ефективним є подальше застосування внутрішнє відвалоутворення; необхідна оптимізація транспортних схем у глибоких кар'єрах; комплексне використання порід знижує екологічне

навантаження докiлля. Зокрема, в дослідженні [26] розглянуто технологiчнi схеми вiдкритої розробки крутоспадних залiзорудних родовищ iз використанням близьких до вертикальних шарiв. Особливу увагу придiлено оптимiзацiї параметрiв кар'єру. Проаналiзовано вплив параметрiв екскаваторного обладнання на межi вiдкритої розробки кар'єрiв Кривбасу [27]. Дослiджено питання комплексного освоєння техногенних родовищ та повторного використання хвостiв збагачення [28]. Розглянуто використання нейромережевих технологiй для прогнозування техніко-економiчних показникiв кар'єрiв Кривбасу [29]. Рекомендовано застосовувати цифровiзацiю як iнструмент адаптацiї гiрничого виробництва у невизначеному динамiчному середовищі (на прикладі впровадження K-MINE) [30-32]. Обґрунтовано використання комбiнованих транспортних систем у глибоких кар'єрах Кривбасу [33, 34].

8. *Аналіз сучасних тенденцiй розвитку.* На основі аналізу фахових лiтературних джерел встановлено основнi тенденцiї розвитку ВГР: перехiд до циркулярної економiки; зростання частки автоматизованих систем; розвиток комбiнованих транспортних схем; екологiзацiя гiрничого виробництва; iнтеграцiя цифрових технологiй.

9. *Значення для умов ПрАТ «ІнГЗК».* Результати аналізу фахової лiтератури мають практичне значення, оскiльки досліджене пiдприємство працювало в умовах: крутоспадного залягання руд; значних обсягiв розкриву; високих транспортних витрат; обмежених можливостей складування порiд. Тому впровадження пiдходiв комплексного використання порiд є ключовим напрямом можливого пiдвищення ефективностi гiрничого виробництва в складних умовах господарювання.

Аналіз сучасних вiтчизняних та мiжнародних наукових фахових джерел (2021–2026 рр.) за темою дослідження дозволяє зробити висновок, що:

1. Розкривнi породи є важливим вторинним ресурсом.
2. Циркулярна економiка є основою розвитку гiрничої галузi.
3. Геомеханiчнi фактори визначають можливiсть внутрiшнього складування в глибоких кар'єрах.

4. Транспортні системи є ключовим елементом собівартості видобутку руд.
5. Цифровізація забезпечує підвищення ефективності подальшого застосування ВГР в умовах невизначеності на ринках залізовмісткої продукції.

Отже, комплексне використання порід при розробці залізорудних родовищ є актуальним науково-практичним напрямом, особливо для колишніх умов діяльності ПрАТ «ІнГЗК».

Таким чином, висновки на основі аналізу вищезазначених фахових джерел та практики ВГР у 2021–2026 роках дозволяють зробити такі узагальнення: ВГР залишаються основним способом видобутку залізної руди; ключовими проблемами є значна глибина залізорудних кар'єрів, високі транспортні витрати та відвалоутворення; основні тенденції розвитку — цифровізація, автоматизація, екологізація та комплексне використання сировини; для ПрАТ «ІнГЗК» стратегічно важливим є впровадження технологій комплексного використання порід при подальшій розробці крутоспадного родовища у разі прийняття відповідного рішення головною компанією ТОВ “Метінвест Холдінг” про можливість відновлення роботи комбінату.

1.4 Геологічна будова Інгuleцького родовища корисних копалин

1. Загальна характеристика родовища. Інгuleцьке залізорудне родовище є одним із найбільших родовищ Криворізького залізорудного басейну та входить до південної частини Кривбасу. Родовище розробляється підприємством ПрАТ «ІнГЗК» відкритим способом і має важливе промислове значення для залізорудної галузі України. Родовище приурочене до Криворізько-Кременчуцької структурно-формаційної зони Українського кристалічного щита. Геологічна будова характеризується складною тектонічною структурою, значною дислокованістю порід та крутоспадним заляганням рудних тіл. Інгuleцьке родовище представлене переважно магнетитовими кварцитами та супутніми породами докембрійського віку. Основними корисними копалинами є: багаті

залізні руди (попередня розробка підземним способом); магнетитові кварцити; окислені кварцити; супутні скельні породи.

2. *Геологічне положення родовища.* Інгулецьке родовище розташоване у південній частині Криворізького залізрудного басейну і приурочене до Інгулецької синклінальної структури. Родовищу властиві: складна складчаста будова; значна тектонічна порушеність; круте падіння рудних пластів; велика глибина залягання продуктивних горизонтів. У геоструктурному відношенні родовище входить до складу Криворізької серії порід докембрію.

3. *Стратиграфія та літологія*

3.1. *Стратиграфічна характеристика.* Геологічний розріз родовища представлений архейськими та протерозойськими породами. Основними стратиграфічними підрозділами є: метаморфічні сланці; амфіболіти; кварцити; залізисті кварцити; гнейси; мігматити. Рудоносною є саксаганська світа Криворізької серії.

3.2. *Літологічна характеристика.* Основну частину продуктивної товщі складають: магнетитові кварцити; силікатно-магнетитові кварцити; гематит-мартитові руди; окислені залізисті кварцити. Розкриті породи представлені: сланцями; кварцитами; амфіболітами; гнейсами; скельними породами різної міцності. Для родовища характерна висока міцність порід, що суттєво впливає на параметри буровибухових робіт.

4. *Тектонічна будова родовища.* Інгулецьке родовище має складну тектонічну будову. Основними елементами структури є: складчасті форми; тектонічні порушення; розривні дислокації; зони дроблення. Рудні тіла мають: круте падіння (50–70° і більше); значну протяжність; нерівномірну потужність; складну конфігурацію. Тектонічні порушення ускладнюють: ведення бурових робіт; стійкість уступів; формування бортів кар'єру; організацію транспортних схем.

5. *Морфологія рудних тіл.* Рудні поклади Інгулецького родовища мають пластоподібну та лінзоподібну форму. Основні характеристики: значна протяжність по простяганню; круте падіння; змінна потужність; складна

внутрішня будова. Потужність рудних тіл коливається від декількох метрів до сотень метрів. Руди характеризуються: нерівномірним вмістом заліза; складною текстурою; різним ступенем окиснення.

6. *Якісна характеристика руд.* Основною корисною копалиною є магнетитові кварцити. Руди Інгулецького родовища містять: магнетит; гематит; кварц; силікати; карбонати. Середній вміст заліза у кварцитах становить: у сирій руді — 30–38%; у концентраті після збагачення — понад 65%. За технологічними властивостями руди є придатними для: магнітного збагачення; виробництва концентрату; подальшого металургійного використання.

7. *Гідрогеологічні умови.* Гідрогеологічні умови родовища характеризуються: наявністю тріщинних вод; локальними водоносними горизонтами; припливами підземних вод у кар'єр. Основними джерелами водоприпливу є: атмосферні опади; тріщинуваті породи; водоносні горизонти докембрійських порід. Ускладнюючими факторами є: збільшення глибини кар'єру; підвищення водоприпливів; необхідність постійного водовідливу.

8. *Інженерно-геологічні умови.* Породи родовища характеризуються: високою міцністю; значною абразивністю; тріщинуватістю; неоднорідністю фізико-механічних властивостей. Основними проблемами при веденні ВГР є: стійкість бортів кар'єру; осипання уступів; деформації масиву; вплив вибухових робіт. Для забезпечення безпечної експлуатації родовища на кар'єрі застосовуються: геомеханічний моніторинг; контроль деформацій; оптимізація параметрів уступів; системи водовідведення.

9. *Особливості розкривних порід.* Розкривні породи Інгулецького родовища представлені переважно скельними породами. До них належать: сланці; кварцити; гнейси; амфіболіти. Ці породи мають: високу міцність; добрі будівельні властивості; можливість використання як вторинної сировини. У сучасних умовах вони можуть застосовуватись: у дорожньому будівництві; для виробництва окремих видів щебеню; при формуванні дамб; для рекультивації земель; у внутрішньому відвалоутворенні. Саме це є основою концепції комплексного використання порід на ПрАТ «ІнГЗК».

10. Вплив геологічної будови на технологію розробки. Геологічні особливості Інгулецького родовища безпосередньо впливають на: систему відкритої розробки; параметри кар'єру; технологію буровибухових робіт; транспортні схеми; організацію відвального господарства. Крутоспадне залягання рудних тіл обумовлює: значні обсяги розкриву; складність формування робочих уступів; високі транспортні витрати; необхідність раціонального використання гірських порід.

Отже, Інгулецьке залізорудне родовище характеризується складною геологічною та тектонічною будовою, значною глибиною залягання рудних тіл і високим коефіцієнтом розкриву. Основними особливостями родовища є: крутоспадне залягання рудних покладів; значні запаси магнетитових кварцитів; складні гідрогеологічні та геомеханічні умови; великі обсяги розкривних порід. Розкривні породи мають високий потенціал для комплексного використання як вторинної мінеральної сировини, що є важливим напрямом потенційного підвищення ефективності роботи ПрАТ «ІнГЗК» та зниження екологічного навантаження на територію Криворізького басейну.

1.5 Фізико-механічні властивості гірських порід Інгулецького родовища корисних копалин

1. Загальна характеристика фізико-механічних властивостей порід. Фізико-механічні властивості гірських порід є одним із найважливіших факторів, що визначають технологію відкритої розробки родовища, параметри буровибухових робіт, стійкість уступів, вибір гірничо-транспортного обладнання та ефективність комплексного використання розкривних порід. Для ПрАТ «ІнГЗК» характерні складні гірничо-геологічні умови, пов'язані з: значною глибиною кар'єру; високою міцністю порід; інтенсивною тріщинуватістю; неоднорідністю фізико-механічних характеристик масиву. Основними породами Інгулецького родовища є: магнетитові кварцити; силікатно-магнетитові кварцити; сланці; амфіболіти; гнейси; кварцити; окислені руди.

2. Фізичні властивості гірських порід

2.1. *Густина порід.* Густина порід є важливою характеристикою при визначенні: навантаження на транспорт; параметрів буровибухових робіт; продуктивності технологічного обладнання; стійкості уступів. Середні значення густини порід Інгулецького родовища (табл. 1.1):

Табл. 1.1 Середні значення густини гірських порід Інгулецького родовища

Тип порід	Густина, т/м ³
Магнетитові кварцити	3,2–3,6
Сланці	2,7–3,0
Амфіболіти	2,9–3,2
Гнейси	2,6–2,9
Окислені кварцити	3,0–3,3

Висока густина магнетитових кварцитів обумовлена значним вмістом залізистих мінералів.

2.2. *Пористість.* Пористість порід Інгулецького родовища є порівняно низькою. Середні показники: кварцити — 1–3%; амфіболіти — 2–5%; сланці — 3–8%. Низька пористість зумовлює: високу міцність порід; низьке водопоглинання; підвищену стійкість масиву.

2.3. *Вологість і водопоглинання.* Для більшості скельних порід родовища характерне незначне водопоглинання. Середні значення: водопоглинання — 0,2–2,0%; природна вологість — 0,5–3%. Проте у зонах тектонічних порушень водонасичення суттєво збільшується, що негативно впливає на: стійкість бортів; умови буріння; ефективність вибухових робіт.

3. Механічні властивості порід. 3.1. *Міцність на стиск.* Міцність порід на одноосьовий стиск є головною характеристикою при виборі технології руйнування масиву. Середні показники міцності (табл. 1.2):

Табл. 1.2 Середні показники міцності гірських порід Інгулецького родовища

Тип порід	Межа міцності на стиск, МПа
Магнетитові кварцити	120–250
Амфіболіти	100–180
Гнейси	80–160
Сланці	40–120
Окислені руди	60–140

Висока міцність кварцитів значно ускладнює: буріння свердловин; вибухове руйнування; навантаження гірничої маси.

3.2. Твердість порід. За шкалою Протод'яконова породи Інгулецького родовища характеризуються високою твердістю. Середні значення коефіцієнта міцності: кварцити — $f = 14\text{--}20$; амфіболіти — $f = 10\text{--}16$; сланці — $f = 6\text{--}12$. Висока твердість обумовлює: значне спрацювання бурового інструменту; підвищені витрати енергії; необхідність застосування потужної техніки.

3.3. Тріщинуватість масиву. Для родовища характерна значна тріщинуватість, яка формується під впливом: тектонічних процесів; вибухових робіт; глибокого розкриття кар'єру. Тріщини поділяються на: системні; тектонічні; технологічні. Тріщинуватість суттєво впливає на: стійкість уступів; параметри вибуху; гранулометричний склад гірничої маси.

4. Абразивність порід. Породи Інгулецького родовища характеризуються високою абразивністю через значний вміст кварцу. Найбільш абразивними є: магнетитові кварцити; кварцити; гнейси. Це призводить до: швидкого зношування ковшів; спрацювання конвеєрних стрічок; зменшення ресурсу дробильного обладнання; підвищення витрат на ремонт.

5. Вибухові властивості порід. Породи родовища належать до важкопідричних. Для їх ефективного руйнування застосовуються: свердловинні заряди; емульсійні вибухові речовини; комбіновані схеми підривання. Висока міцність і неоднорідність масиву вимагають: точного розрахунку параметрів вибуху; оптимального розташування свердловин; контролю гранулометричного складу після вибуху.

6. Вплив фізико-механічних властивостей на технологію відкритих робіт. Фізико-механічні властивості порід визначають: параметри уступів; висоту та ширину робочих майданчиків; тип бурового обладнання; родуктивність екскаваторів; вибір транспортної техніки. Для умов ПрАТ «ІнГЗК» характерним є використання: потужних бурових станків; великовантажних автосамоскидів; екскаваторів великої місткості; комбінованих транспортних схем.

7. *Значення властивостей порід для комплексного використання.* Фізико-механічні властивості розкривних порід визначають можливість їх подальшого використання. Скельні породи Інгулецького родовища можуть використовуватись: для виробництва окремих видів щебеню; у дорожньому будівництві; при спорудженні дамб; для рекультивації земель; у внутрішньому відвалоутворенні. Висока міцність і морозостійкість порід підвищують їх цінність як будівельної сировини.

8. *Інженерно-геомеханічні особливості масиву.* Зі збільшенням глибини кар'єру зростає вплив: гірничого тиску; деформацій масиву; ризику осипань і обвалень. Основними проблемами є: порушення стійкості уступів; локальні зсуви; утворення тріщин. Для контролю стану масиву застосовуються: геодезичний моніторинг; лазерне сканування; георадарні системи; цифрове моделювання.

Гірські породи Інгулецького родовища характеризуються: високою міцністю; значною твердістю; підвищеною абразивністю; складною тріщинуватістю; низькою пористістю. Ці властивості суттєво впливають на: технологію відкритої розробки; параметри буровибухових робіт; вибір обладнання; організацію транспорту; стійкість бортів кар'єру. Розкривні породи родовища мають високий потенціал для комплексного використання як вторинної мінеральної сировини, що є важливим напрямом потенційного підвищення ефективності роботи ПрАТ «ІнГЗК» та зменшення негативного впливу гірничого виробництва на довкілля.

1.6 Гідрогеологічні та кліматичні умови розробки Інгулецького родовища

1. *Загальна характеристика природних умов району.* Інгулецьке залізорудне родовище, яке розробляється ПрАТ «ІнГЗК», розташоване у південній частині Криворізького залізорудного басейну в межах степової природно-кліматичної зони України. Природні умови району характеризуються:

помірно континентальним кліматом; недостатнім зволоженням; значними сезонними коливаннями температур; складними гідрогеологічними умовами; значною техногенною порушеністю території. Гідрогеологічні та кліматичні умови мають суттєвий вплив на: технологію ВГР; стійкість бортів кар'єру; ефективність буровибухових робіт; стан транспортних комунікацій; водовідлив та осушення кар'єру; екологічну безпеку підприємства.

2. Кліматичні умови району. 2.1. Тип клімату. Територія Інгулецького родовища належить до району помірно континентального клімату з: жарким посушливим літом; помірно холодною зимою; недостатньою кількістю атмосферних опадів; високою повторюваністю суховіїв. Кліматичні умови є відносно сприятливими для цілорічного ведення відкритих гірничих робіт.

2.2. Температурний режим. Середньорічна температура повітря становить: $+8...+10^{\circ}\text{C}$. Середні температури: січня: $-4...-6^{\circ}\text{C}$; липня: $+22...+24^{\circ}\text{C}$. Абсолютні значення температур: максимальна: $+38...+40^{\circ}\text{C}$; мінімальна: $-25...-30^{\circ}\text{C}$. Високі літні температури призводять до: інтенсивного пилоутворення; перегріву обладнання; зниження ефективності роботи техніки. Низькі зимові температури ускладнюють: буріння свердловин; роботу гідравлічних систем; транспортування гірничої маси. *2.3. Атмосферні опади.* Середньорічна кількість опадів становить: 400–500 мм. Основна частина опадів припадає на: весняно-літній період; короткочасні зливові дощі. Опади впливають на: водоприплив у кар'єр; стан автомобільних доріг; стійкість уступів; ефективність буровибухових робіт. Під час інтенсивних опадів можливі: підтоплення робочих горизонтів; розмивання укосів; погіршення транспортних умов. *2.4. Вітровий режим.* Для району характерні: східні та північно-східні вітри; суховії; пилові бурі у літній період. Середня швидкість вітру: 4–6 м/с. Вітровий режим суттєво впливає на: поширення пилу; екологічний стан території; умови проведення масових вибухів.

3. Гідрогеологічні умови родовища. 3.1. Загальна характеристика. Гідрогеологічні умови Інгулецького родовища є складними та визначаються: тріщинуватістю кристалічних порід; наявністю водоносних горизонтів;

техногенним впливом гірничих робіт; значною глибиною кар'єру. Водовмісними породами є: тріщинуваті кварцити; сланці; амфіболіти; зони тектонічних порушень. *3.2. Підземні води.* На родовищі поширені: ґрунтові води; тріщинні води; напірні водоносні горизонти. Підземні води формуються за рахунок: атмосферних опадів; інфільтрації поверхневих вод; водообміну у тріщинуватих породах. Глибина залягання підземних вод змінюється залежно від: рельєфу; геологічної будови; ступеня порушення масиву. *3.3. Водоприпливи у кар'єр.* У процесі поглиблення кар'єру обсяги водоприпливів збільшуються. Основними джерелами водоприпливу є: атмосферні опади; тріщинуваті породи; тектонічні порушення; поверхневий стік. Водоприпливи ускладнюють: ведення бурових робіт; роботу екскаваторів; транспортування гірничої маси; стійкість уступів.

4. Вплив гідрогеологічних умов на стійкість бортів кар'єру. Водонасичення порід негативно впливає на: фізико-механічні властивості масиву; міцність порід; стійкість уступів. Основними небезпечними процесами є: осипання; локальні зсуви; розущільнення порід; суфозія. Особливо небезпечними є: зони тектонічних порушень; ділянки інтенсивної тріщинуватості; контакти різнорідних порід.

5. Система осушення та водовідливу. Для забезпечення безпечної роботи кар'єру застосовується комплексна система осушення, що включає: кар'єрний водовідлив; дренажні свердловини; водозбірники; насосні станції; поверхневі водовідвідні канали. Основними завданнями системи водовідливу є: запобігання підтопленню робочих горизонтів; забезпечення стійкості уступів; підтримання безпечних умов праці.

6. Гідрогеологічний вплив гірничих робіт на навколишнє середовище. ВГР змінюють природний гідрогеологічний режим території. Основними наслідками є: зниження рівня підземних вод; осушення прилеглих територій; зміна напрямків фільтрації; техногенне забруднення вод. Особливе значення мають: хвостосховища; відвали; дренажні води кар'єру.

7. Вплив кліматичних умов на технологію відкритих робіт. Кліматичні фактори безпосередньо впливають на: продуктивність техніки; стан

транспортних комунікацій; ефективність буровибухових робіт; пилогазовий режим кар'єру. У літній період основними проблемами є: пиловиділення; перегрів обладнання; дефіцит технічної води. У зимовий період: обмерзання обладнання; промерзання порід; ускладнення транспортування.

8. *Значення природних умов для комплексного використання порід.* Гідрогеологічні та кліматичні умови впливають на можливість повторного використання розкривних порід. Важливими факторами є: вологість порід; ступінь вивітрювання; стійкість до морозу; дренажні властивості. Скельні породи Інгулецького родовища придатні для: виробництва окремих видів щебеню; дорожнього будівництва; спорудження дамб; внутрішнього відвалоутворення; екультивації земель.

Гідрогеологічні та кліматичні умови Інгулецького родовища є важливими факторами, що визначають особливості ведення ВГР. Для Криворізького району характерні: помірно континентальний клімат; недостатнє зволоження; складні гідрогеологічні умови; значні водоприпливи у кар'єр; висока тріщинуватість масиву. Ці фактори впливають на: стійкість бортів кар'єру; технологію видобутку сирової руди; організацію водовідливу; транспортні процеси; ефективність комплексного використання порід. Раціональне врахування гідрогеологічних і кліматичних умов дозволяє підвищити ефективність роботи ПрАТ «ІнГЗК» та забезпечити безпечну й екологічно збалансовану подальшу розробку Інгулецького залізорудного родовища.

1.7 Гірничо-технічна характеристика Інгулецького родовища (запаси, потужність рудних тіл, розкриття та система розробки)

1. *Загальна гірничо-технічна характеристика родовища.* Інгулецьке залізорудне родовище є одним із найбільших родовищ Криворізького залізорудного басейну та розробляється підприємством ПрАТ «ІнГЗК» відкритим способом. Родовище характеризується: значними запасами залізистих кварцитів; крутоспадним заляганням рудних тіл; великою глибиною кар'єру; складними гірничо-геологічними умовами; значними обсягами розкривних

робіт. За типом корисної копалини родовище належить до залізорудних родовищ магнетитових кварцитів, придатних для збагачення з отриманням високоякісного концентрату.

2. Запаси корисної копалини

2.1. Характеристика запасів. Інгулецьке родовище має значні промислові запаси залізистих кварцитів. Основними видами запасів є: балансові; позабалансові; розкриті; підготовлені до виїмки; готові до видобутку. Родовищу властиві: значна протяжність рудних тіл; велика глибина залягання; високий ступінь геологічної вивченості. Основну частину запасів складають: магнетитові кварцити; силікатно-магнетитові кварцити; окислені руди.

2.2. Якісна характеристика запасів. Середній вміст заліза у сирій руді становить: 30–38%. Після збагачення вміст заліза у концентраті досягає: 65–68%. Руди характеризуються: високою збагачуваністю; стабільним мінералогічним складом; придатністю для магнітного збагачення.

3. Морфологія та потужність рудних тіл

3.1. Форма рудних тіл. Рудні поклади Інгулецького родовища мають: пластоподібну; лінзоподібну; стрічкоподібну форму. Для них характерні: значна протяжність по простяганню; круте падіння; складна внутрішня будова; нерівномірна потужність.

3.2. Потужність рудних тіл. Потужність рудних покладів коливається у широких межах: 20–200 м. На окремих ділянках потужність може перевищувати: 300 м. Потужність розкритих порід залежить від: рельєфу поверхні; тектонічної будови; глибини кар'єру.

3.3. Кут падіння рудних тіл. Для родовища характерне круте падіння пластів: 50–70°. На окремих ділянках кут падіння може перевищувати: 75°. Крутоспадне залягання значно ускладнює: ведення відкритих робіт; формування уступів; організацію транспортних схем; відвалоутворення.

4. Розкриття родовища. 4.1. Загальна характеристика розкриття. Розкриття Інгулецького родовища здійснюється відкритим способом із застосуванням системи капітальних та тимчасових траншей. Основними

елементами розкриття є: капітальні траншеї; розрізні траншеї; транспортні берми; автомобільні з'їзди; робочі горизонти. 4.2. *Капітальні траншеї.* Капітальні траншеї забезпечують: доступ до робочих горизонтів; транспортування гірничої маси; зв'язок між уступами. Для кар'єру характерне: спіральне розташування транспортних комунікацій; значна довжина транспортних шляхів; великі ухили доріг. 4.3. *Робочі горизонти.* Розробка родовища ведеться уступами. Основні параметри: висота уступів: 12–15 м; ширина робочих майданчиків: 30–70 м. Параметри уступів залежать від: міцності порід; типу технологічного обладнання; умов стійкості бортів кар'єру.

5. Система розробки родовища.

5.1. *Загальна характеристика системи розробки.* На Інгулецькому родовищі застосовується транспортна система відкритої розробки із зовнішнім відвалоутворенням. Основними елементами системи є: буровибухові роботи; екскавація; транспортування; складування порід; збагачення руди. Основні показники застосування гірничотransпортного технологічного устаткування (2TE10M; Atlas Copco; FRD-250; HITACHI-2500 та 3600; БелАЗ-75131, 75145, 75306; ОПЕ-1АМ; CAT-785С, 789, 993; СБШ-250 МН; УСБШ-250; ЭКГ-10, 12; ЕШ-10/70; 6,5/45) на Інгулецькому кар'єрі за 2022-2024 роки наведені в додатку Д та Е.

5.2. *Напрямок розвитку гірничих робіт.* Розвиток кар'єру здійснюється: по простяганню рудних тіл; по падінню пластів; із поступовим поглибленням кар'єру. Для родовища характерні: значні обсяги розкриття; велика довжина транспортних маршрутів; висока інтенсивність гірничих робіт.

5.3. *Система уступів.* Розробка ведеться: горизонтальними уступами; з поетапним переміщенням фронту робіт. Система уступів забезпечує: безпечне ведення робіт; ефективну роботу екскаваторів; організацію транспорту.

6. *Буровибухові роботи.* Породи родовища належать до категорії важкопідричних. Для підготовки гірничої маси використовуються: бурові станки шарошкового буріння; свердловинні заряди; емульсійні вибухові речовини. Основними завданнями буровибухових робіт є: забезпечення необхідної

крупності гірничої маси; підвищення продуктивності екскавації; зниження витрат на дроблення (Табл.1.3).

7. Навантаження та транспортування гірничої маси.

7.1. Екскавація. Для навантаження гірничої маси використовуються: кар'єрні екскаватори; гідравлічні екскаватори; навантажувачі. Місткість ковшів становить: 8–20 м³. 7.2. Транспортна система. Основним видом транспорту є: автомобільний транспорт. Застосовуються: великовантажні автосамоскиди близько 130 т; допоміжна транспортна техніка. Перевагами автомобільного транспорту є: маневреність; гнучкість; можливість роботи на великих глибинах. Недоліками є: високі енергетичні витрати; значна собівартість перевезень; підвищене пилотвиділення.

Табл. 1.3 Технологічні характеристики БВР на залізородних кар'єрах ТОВ «Метінвест Холдінг» з урахуванням поліпшення екологічних заходів при подальшій розробці крутоспадних родовищ Кривбасу

Показник	Одиниці виміру	ПівніГЗК				ІнГЗК	
		Першотравневий кар'єр		Ганнівський кар'єр			
		Руда	Скеля	Руда	Скеля	Руда	Скеля
		фізико-механічні властивості порід					
Міцність за шкалою проф. Протодіаконова (середня)		14,04	13,58	16-18	10-16	19,2	17,1
Категорія по буримості (якщо є)		XVI	XV	XV-XVII	XIII-XIV	18,3	16,5
Категорія з вибуховості (середня)		4	4	5	3,4	5,63	5,02
Висота уступу	м	15	12-15	15	12-15	15	12-15
технологічні показники БВР для суцільного заряду ВР							
Довжина свердловини 1-го ряду	м	16	13-16	18	14-17	18	15-18
Довжина перебуру 1-го ряду	м	1	1	3	2	3	2-3
Довжина свердловини наступних рядів	м	16	13-16	17	13-16	17	14-17
Довжина перебування наступних рядів	м	1	1	2	1	2	1-2
Паспортне значення ЛОПП	м	7,5	6,5-7,5	7	7	8-10	8-12
Сітка свердловин 1-го ряду (для середньої міцності)	м*м	7,5*6	7,5*6,5	7*6,5	7*6,5	8*4	10*5
Сітка свердловин наступних рядів (для середньої міцності)	м*м	4*4; 6,5*6;	4*4; 5*5; 5,5*5,5; 6,5*6,5; 7*7	6,5*6,5;	6,5*6,5; 7*7;	5,5*6;	6*6;
Середня кількість рядів у блоці	шт.	5	5	5	5	5	6
Діаметр долота	мм	165; 203; 229; 252	165; 203; 229; 252	244	244	251;	251;
Колонка заряду по руді		суцільний заряд		суцільний заряд		суцільний заряд інколи розосереджений	
Колонка заряду останнього ряду по руді/скелі		суцільний заряд	суцільний заряд	суцільний заряд	розосереджений заряд	суцільний заряд з модульною перегородкою	суцільний заряд з модульною перегородкою
Колонка заряду першого ряду по скелі			суцільний заряд		суцільний заряд		суцільний заряд

Колонка заряду внутрішніх рядів по скелі			розосереджений заряд		розосереджений заряд		суцільний заряд інколи розосереджений
Застосовуваний рукав (поліпропіленовий/поліетиленовий)		поліпропіленовий	поліпропіленовий	поліпропіленовий	поліпропіленовий	поліпропіленовий	поліпропіленовий
Тип рукава (прямий/змінний діаметр)		прямий	прямий	прямий	прямий	прямий	прямий
Довжина рукава	м	22	16; 22;	22	16; 22;	22;	22;
Кількість рукавів у свердловині	шт.	1	1-2	1	1-2	1	1
Прийняті значення для виведення залежності діам.скв. від діам.		1,02	1,02	1,02	1,02	1,04	1,04
Діаметр свердловини	мм	168; 205; 235; 260;	168; 205; 235; 260;	250;	250;	262;	262;
Тип ВР		Емоніт - Н Емоніт -А	Емоніт - Н Емоніт -А	Емоніт - Н Емоніт -А	Емоніт - Н Емоніт -А	Емоніт - Н	Емоніт - Н
Щільність заряджання ВР	кг/м ³	1305	1305	1305	1305	1305	1305
Місткість ВР в 1 п.м. свердловини	кг/м ³	64; 67	64; 67	64	64	70	70
Довжина заряду для 1-го ряду	м	11,2	8,3-10,2	12,5	12	12,5	12
Довжина заряду для наступних рядів	м	10,4	6,9-8,5	11,5	11	11,5	11
Довжина заряду в останньому ряду	м	6,2	4,8-5,9	8,5	8	9,5	9
Застосовувані схеми комутації (діагональна, клинова, клиноподібна...)		діагональна, клинова		діагональна, клинова		посквaziнна діагональ, клиніврубова	
Основні номінали уповільнень при комутації 1 ряд/наступні (приклад 42 мс/67 мс)		42 мс / 67 мс		67 мс / 42 мс	67 мс / 42 мс	42мс/67мс	
Короткий опис технології контурного підривання (Приклад, попереднє щільноутворення гірляндними зарядами. Заряди патроноване ЕВР)		Попереднє щільноутворення гірляндними зарядами. Заряди патроноване ЕВР		Попереднє щільноутворення гірляндними зарядами. Заряди патроноване ЕВР		Попереднє щільноутворення гірляндними зарядами. Заряди патроноване ЕВР	

Інші технології та конструкції зарядів (середній відсоток застосування по свердловинах від загального обсягу вибухових свердловин за рік)

УФП в перебує	%	0	0	0	0	0	20
УФП між торцем заряду та набійкою	%	0	0	0	0	77	83
Розосереджений заряд за рахунок ПФП (повітряні або водяні проміжки);	%	0	0	0	0	0	2
Розосереджений заряд за рахунок шебеню (відсів СМС)	%	0	15	0	55	2	5
Активна набійка (доплатковий заряд у набійці для замикаючого ефекту)	%	0	0	0	0	0	0
Осьова порожнина в заряді ВР	%	0	0	0	0	0	0
Основний ПД - (шатро тротилова / патроноване ЕВР)		тротилова шашка	тротилова шашка	тротилова шашка	тротилова шашка	тротилова шашка	тротилова шашка
Дублюючий ПД - (тротилова шашка/ патроноване ЕВР)		патроноване ЕВР	патроноване ЕВР, в розосереджених зарядах - тротилова шашка	патроноване ЕВР	патроноване ЕВР, в розосереджених зарядах - тротилова шашка	патроноване ЕВР	патроноване ЕВР
<i>Матеріал набійки у відсотковому співвідношенні від загальної кількості свердловин. Екологічні заходи:</i>							
Суцільна набійка з шебеню	%	100	86	100	90	8	8
Гідронабійка внутрішня в поліетиленовий рукав	%	0	14	0	10	92	92
Наповнювач для внутрішньої ГЗ (реагент/вода). Назва реагенту.		вода	вода	вода	вода	вода	вода
Гідронабійка зовнішня в поліетиленовий рукав	%	50	50	50	50	23	23
Наповнювач для зовнішньої ГЗ (реагент/вода). Назва реагенту.		реагент гуматовий		реагент гуматовий		реагент гуматовий	
Прийнята питома витрата реагенту/води для пілоподавлення зовнішньої ГЗ	%	РТГ - 0,09	РТГ - 0,09	РТГ - 0,09	РТГ - 0,09	РТГ - 0,09	РТГ - 0,09
Концентрація розчину для зовнішньої ГЗ	%	3	3	3	3	3	3
Концентрація розчину для внутрішньої ГЗ	%						
Додатковий еколог. заходи, що застосовуються з використанням додаткових матеріалів (обробка поверхні блоку реагентом тощо)							

8. Відвальне господарство. Розкривні породи складаються: у зовнішніх відвалах; частково у внутрішніх відвалах. Основними проблемами є: значні

площі відвалів; екологічний вплив; транспортні витрати. У сучасних умовах актуальним є: комплексне використання порід; переробка скельних розкривних порід; скорочення площ відвалоутворення.

9. *Вплив гірничо-технічних умов на комплексне використання порід.* Гірничо-технічні умови Інгулецького родовища визначають можливість: повторного використання розкривних порід; внутрішнього відвалоутворення; виробництва будівельних матеріалів; рекультивації земель. Найбільший потенціал мають: кварцити; гнейси; амфіболіти. Вони можуть використовуватись: у дорожньому будівництві; для виробництва окремих видів щебеню; при формуванні дамб обвалування хвостосховищ; у будівництві технологічних доріг. Інгулецьке родовище характеризується: значними запасами залізистих кварцитів; складними гірничо-геологічними умовами; крутоспадним заляганням рудних тіл; великою глибиною кар'єру; високими обсягами розкривних робіт. Розробка родовища здійснюється відкритим способом із використанням транспортної системи та великовантажного обладнання. Складні гірничо-технічні умови обумовлюють необхідність: оптимізації транспортних схем; підвищення ефективності буровибухових робіт; комплексного використання розкривних порід; зменшення обсягів зовнішнього відвалоутворення. Комплексне використання порід є важливим резервом потенційного підвищення економічної ефективності виробничо-господарської діяльності ПрАТ «ІнГЗК» та зниження техногенного навантаження на територію Криворізького басейну. Після 2022 року до липня 2024 комбінат працював практично на мінімальному освоєнні проектної потужності з видобутку сирової руди, тому при відновленні його функціонування з урахуванням забезпечення поліпшення *комплексного використання порід при подальшій розробці залізрудного родовища* доцільно здійснити першочергові пріоритетні технологічні заходи з реконструкції Інгулецького кар'єру, які раніше рекомендовані до застосування у 2022 році, але так і не були реалізовані та впроваджені внаслідок тривалої зупинки виробничо-господарської діяльності комбінату (Рис. 1.1 -1.5).

Схема відпрацювання ділянки кар'єра гор.-255...-300м із збереженням 5-ти метрових берм безпеки

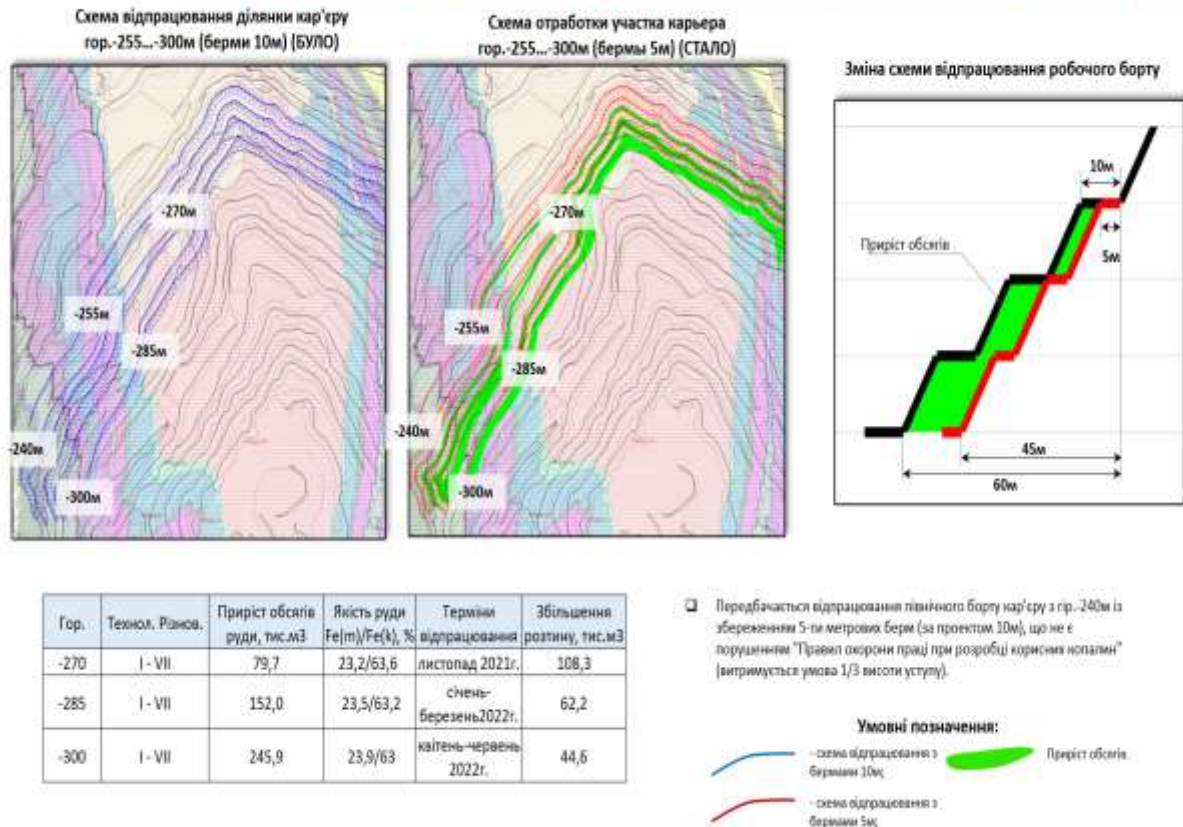


Рис. 1.1 Схема відпрацювання ділянки Інгулецького кар'єра гор. -255...-300 м із збереженням 5-ти метрових берм безпеки

Схема відпрацювання ділянки кар'єра гор.-330...-390м здвоєними та частково збудованими уступами

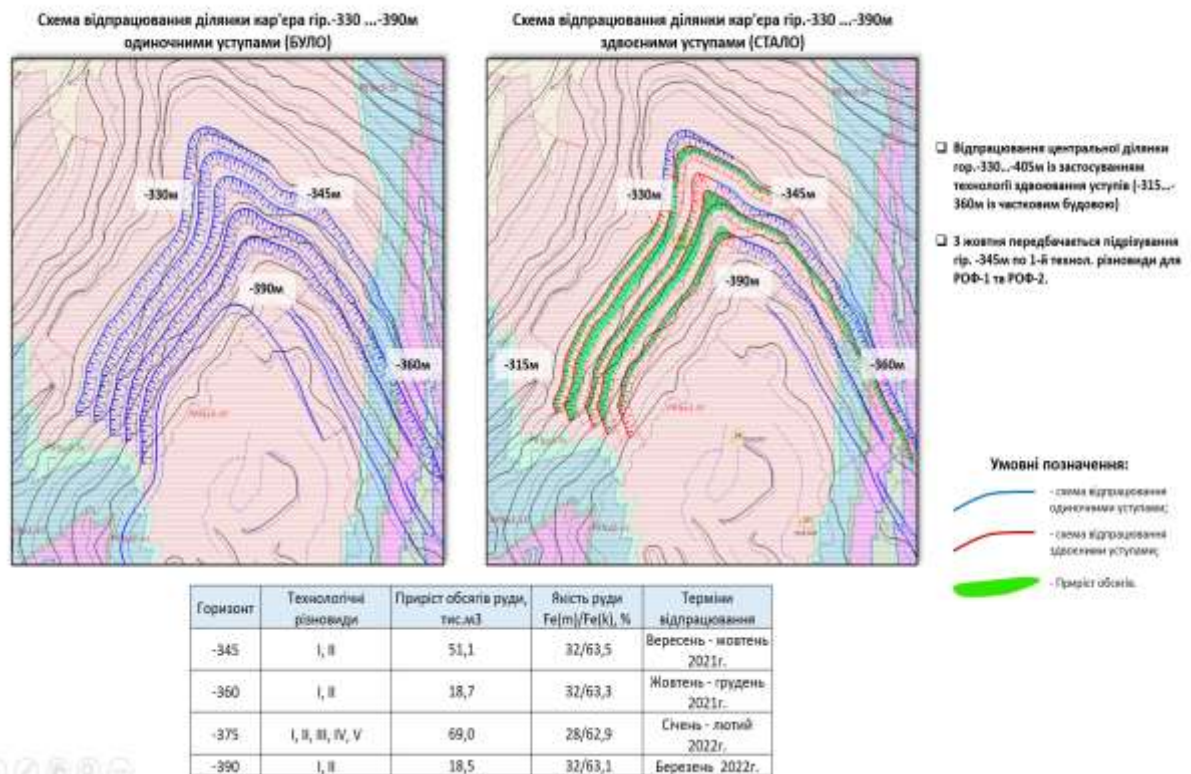


Рис. 1.2 Схема відпрацювання ділянки Інгулецького кар'єра гор. -330...-390 м здвоєнними та ястково збудованими уступами

Зміна транспортної схеми центральної зони кар'єра гор.-180...-300м

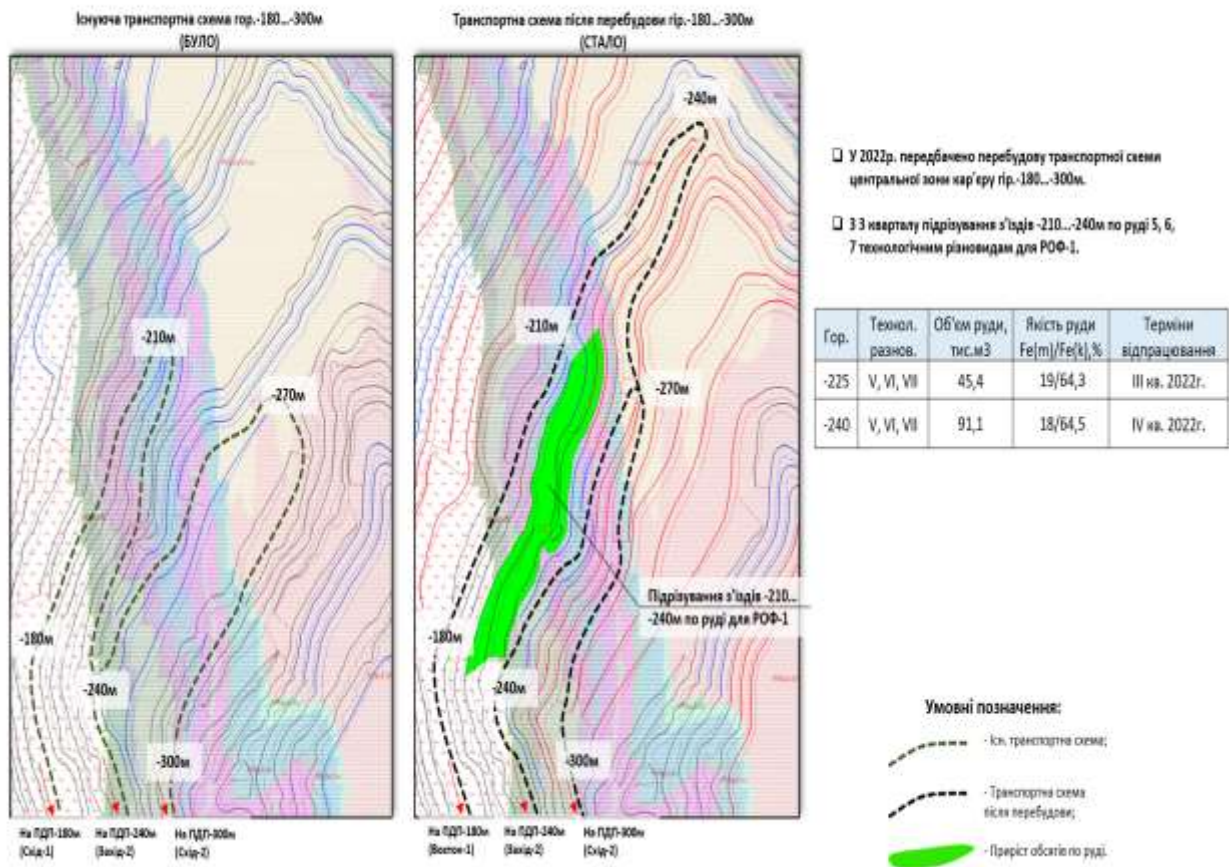


Рис. 1.3 Зміна транспортної схеми центральної зони Інгuleцького кар'єра гор. -180....-300 м

Схема відпрацювання південно-східного борту кар'єру при вкрученні уступів гор.-330...-420м

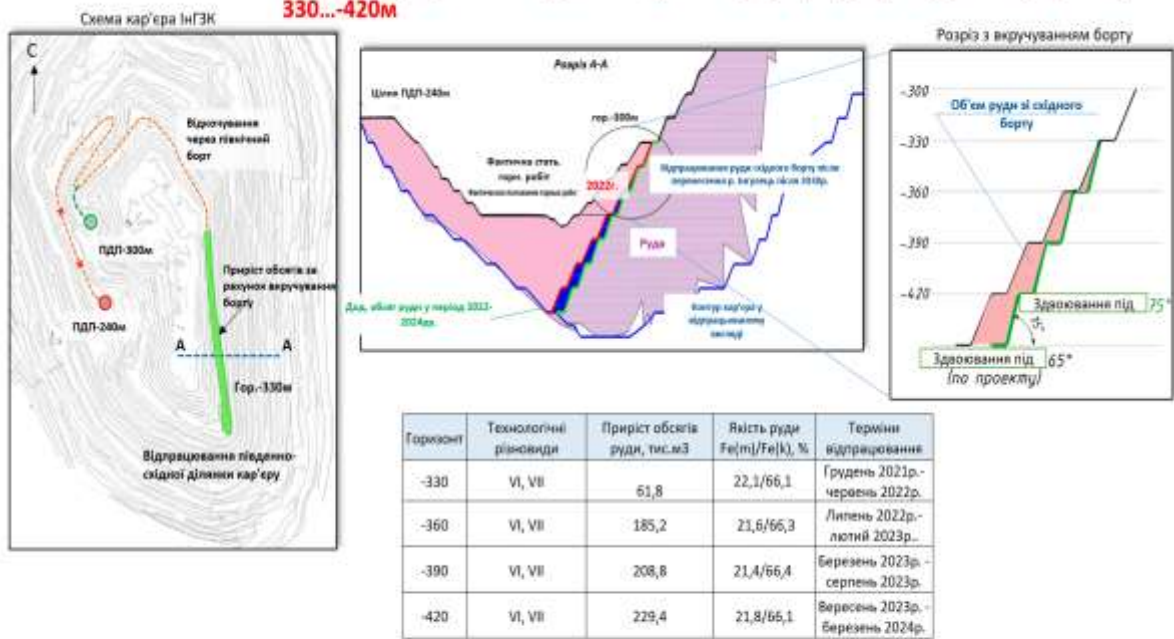


Рис. 1.4 Схема відпрацювання південно-східного борту Інгuleцького кар'єру при вкрученні уступів гор. -330...-420 м.

Схема постановки південно-західного борту кар'єру з вкручуванням уступів гор.-330...-420м

Схема відпрацювання ділянки С-3 борту кар'єра гор.-300...-420м під проєктним кутом 45° по напластуванню порід (БУЛО)

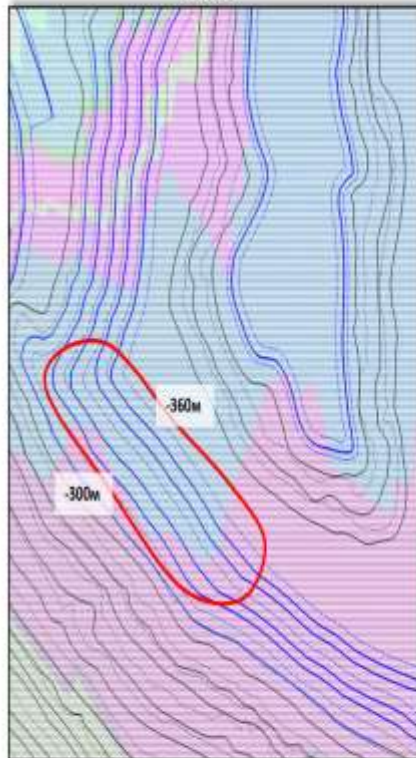
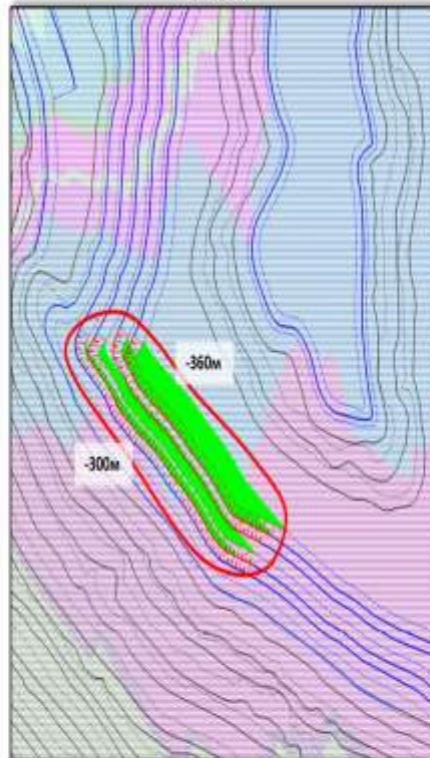


Схема відпрацювання ділянки С-3 борту кар'єра гор.-300...-420м під кутом 60° (СТАЛО)



- Згідно з проєктом відпрацювання ділянки південно-західного борту кар'єру передбачено з постановкою здвоєних уступів під 45° з напластування порід;
- Пропонується постановка уступів -300...-420 м під кутом 60° (потрібне узгодження з проєктною організацією)

Гор.	Технол. різні.	Об'єм руди, тис.м3	Об'єм руди, тис.м3	Терміни відпрацювання
-315	VI, VII	10,0	22,5/66,8	I кв. 2022г.
-330	VI, VII	21,1	22,3/66,8	II кв. 2022г.
-345	VI, VII	24,4	22,0/66,9	III кв. 2022г.
-360	VI, VII	39,0	21,6/66,9	IV кв. 2022г.
-390...-420	VI, VII	97,5	21,1/67,0	2023г.

Умовні позначення:

- схема відпрацювання уступів під 45° за проєктом;
- схема відпрацювання уступів під 60°;
- Приріст обсягів.

Рис.1.5 Схема постановки південно-західного борту Інгулецького кар'єру з вкручуванням уступів гор. -330...-420 м

Заходи щодо зміни стратегічного розвитку кар'єру ПрАТ «ІНГЗК»:

- Відпрацювання центральної ділянки кар'єру гір.-255...-300м із збереженням 5-ти метрових берм безпеки;
- Відпрацювання центральної ділянки кар'єру гір.-330...-390м здвоєними уступами та частково будовеними уступами;
- Зміна транспортної схеми центральної зони кар'єру гір.-180...-300м;
- Відпрацювання південно-східного борту кар'єру з вкручуванням уступів гір.-330...-420м (70-75°);
- Постановка південно-західного борту кар'єру з вкручуванням уступів гір.-330-420м (60°).

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА «Розрахунок технологічних параметрів умовного кар'єру згідно даних свого варіанту»

ЗМІСТ

- 1. Вступ*
- 2. Загальна організація відкритих гірничих робіт*
- 3. Розкриття та система розробки умовного родовища*
- 4. Підготовка гірських порід до виймання*
- 5. Виймально-навантажувальні роботи*
- 6. Транспортування кар'єрних вантажів*
- 7. Відвалоутворення розкритих порід*
- 8. Рекультивація земель, порушених гірничими роботами*

ВСТУП

Відкрита розробка родовищ полягає у підготуванні поверхні землі (в основному у видаленні родючого шару, виведенні поверхневих вод), осушенні (в разі потреби) родовища, його розкритті (спорудженні траншей), виконанні розкривних робіт (у тому числі відвальних робіт) і робіт видобувних — відокремленні корисних копалин від масиву. Здійснюється за допомогою відкритих гірничих виробок. Основні гірничі виробки В. р. р. к. к.— капітальні траншеї, що забезпечують доступ до корисних копалин і розрізні траншеї, що підготовлюють кар'єрне поле до розкривних і добувних робіт. В. р. р. к. к. широко застосовується в Україні, США, Австралії, Росії, Канаді, КНР, в ряді країн Європи (ФРН, Польща, Чехія).

У колишньому СНД відкритим способом добували близько 20 % вугілля, приблизно 50 % руд кольорових металів, більш 55 % залізної руди, 85 % неметалічних корисних копалин і 100 % будівельних матеріалів і флюсів. Приблизно таке ж співвідношення у видобутку корисних копалин відкритим способом і в Україні.

Широкий розвиток відкритого способу розробки пояснюється перевагами його в порівнянні з підземним:

- більш безпечні і гігієнічні умови праці гірників;
- більш висока продуктивність праці — вона в три-шість разів вище, ніж підземних робітників;
- більш низька собівартість видобутку 1 т/м³ корисні копалини (у 2-4 рази);
- більш повний витяг корисної копалини;
- менші терміни будівництва кар'єрів у порівнянні з термінами будівництва шахт (у 2-3 рази).

Відкритому способу розробки властивий і ряд недоліків:

- залежність робіт від кліматичних умов;
- обмеженість застосування по глибині розробки;

- з обороту виводяться великі земельні площі, відновити які в їхньому первісному вигляді не представляється можливим;
- ускладнення провітрювання глибоких кар'єрів.

Вихідні дані для розрахунку:

Родовище має форму крутоспадаючого покладу з постійною нормальною потужністю ($m_n - 305$ м), падінням ($\alpha, - 85^\circ$), протяжністю ($L - 1750$ м).

Відмітка денної поверхні в межах кар'єрного поля ($\pm X$ м). Рельєф поверхні – рівнинний.

Будова товщі гірських порід в межах кар'єрного поля наступна:

- корисна копалина однорідної будови представлена породами міцністю ($f_{kk} - 14$) та густиною ($\rho_{kk}, - 3,2$ т/м³), які залягають на глибині $h = 15$ м від поверхні;
- розкриті породи однорідної будови мають міцність ($f_{pn} - 14$) та густину ($\rho_{pn} - 2,9$ т/м³).

Ширина дна кар'єру ($B_d - 308,08$ м) дорівнює горизонтальній потужності покладу КК ($m_c - 308,08$), довжина дна кар'єру (L_d м) дорівнює довжині родовища КК за простяганням ($L - 1750$ м); усереднений кут укосу неробочих бортів кар'єру ($\beta_n - 39$).

Проектна потужність кар'єру дорівнює ($A_{kk} - 4$ млн.т/рік) при проектних втратах корисної копалини ($K_n - 4\%$).

РОЗДІЛ 1. Загальна організація відкритих гірничих робіт.

Для розрахунку показників відкритих гірничих робіт необхідно визначити оптимальний режим роботи кар'єру. При безперервному режимі роботи підприємства виробничий процес у кар'єрі зупиняється лише в святкові дні або за кліматичними умовами.

1) Для умовного кар'єру приймаємо цілодобову роботу, тобто кількість робочих діб на рік $N_{p.d.} = 365$ д.

2) В залежності від планування робочого дня працівників виробничі ділянки кар'єру можуть працювати (обрати один з варіантів):

а) у $N_{зм} = 3$ зміни по $T_{зм} = 8$ годин; б) у $N_{зм} = 2$ зміни по $T_{зм} = 12$ годин;

в) у $N_{зм} = 2$ зміни по $T_{зм} = 8$ годин (без врахування роботи в темний час доби).

Визначаємо відсутні в заданих умовах параметри кар'єру, що необхідні для виконання подальших розрахунків.

3) Знаходимо кінцеву глибину кар'єру за наближеним розрахунком (рис. 2.1.1):

$$H_{\kappa} = \frac{-P + \sqrt{P^2 - 4\pi[S - m_z L_{\partial}(1 + K_{ep})]}}{2\pi \cdot \operatorname{ctg} \beta_n}, \text{ м,} \quad (2.1.1)$$

$$H_{\kappa} = \frac{-4116,14 + \sqrt{4116,14^2 - 4 \cdot 3,14[539\,140 - 308,08 \cdot 1750(1 + 5,7)]}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,23} \\ = 431,9 \text{ м,}$$

де $m_z = \frac{m_n}{\sin \alpha}$, м $m_z = \frac{305}{0,99} = 308,08$ м, — горизонтальна потужність покладу;

$P = 2(L_{\partial} + III_{\partial})$, м $P = 2(1750 + 308,08) = 4116,16$, м — периметр дна кар'єру (за умови, що $L_{\partial} = L$); $S = L_{\partial} \cdot III_{\partial}$, м² $S = 1750 \cdot 308,08 = 539\,140$, м² — площа дна кар'єру.

4) Оскільки умовне родовище корисних копалин представлене крутоспадаючим покладом постійної потужності, який на поперечному перерізі має форму паралелограму та повністю знаходиться в межах кар'єрного поля (рис. 2.1), обсяг запасів корисної копалини у проектних контурах кар'єру:

$$V_{\kappa\kappa} = m_z \cdot L \cdot (H_{\kappa} - h), \text{ м}^3. \quad (2.1.2)$$

$$V_{\kappa\kappa} = 308,08 \cdot 1750 \cdot (431,9 - 15) = 224\,767\,466, \text{ м}^3$$

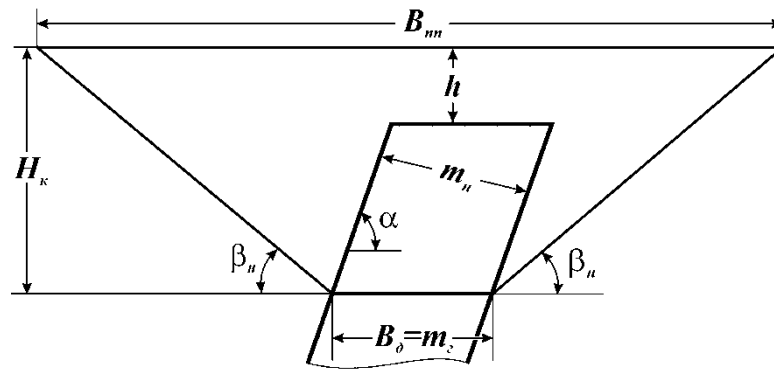


Рис. 2.1.1. Схема до визначення параметрів кар'єру

5) Величина балансових запасів корисної копалини в контурах кар'єру:

$$Z_{\phi} = V_{KK} \cdot \rho_{KK}, \text{Т.} \quad (2.1.3)$$

$$Z_{\phi} = 224\,767\,466 \cdot 3,2 = 719\,255\,891, \text{Т}$$

6) Розміри по верхньому контуру кар'єру (розміри по поверхні) залежать від розмірів по дну, кінцевої глибини кар'єру та кутів укосів його неробочих бортів. При розташуванні кар'єру у рівнинній місцевості, довжина та ширина кар'єру по поверхні складатиме:

$$L_{\text{ш}} = L_{\text{д}} + 2 \cdot H_{\text{к}} \cdot \text{ctg} \beta_{\text{н}}, \text{м}; \quad L_{\text{ш}} = 1750 + 2 \cdot 431,9 \cdot 1,23 = 2812,5, \text{м.} \quad (2.1.4)$$

$$B_{\text{ш}} = B_{\text{д}} + 2 \cdot H_{\text{к}} \cdot \text{ctg} \beta_{\text{н}}, \text{м.} \quad B_{\text{ш}} = 308,08 + 2 \cdot 431,9 \cdot 1,23 = 1370,6, \text{м.} \quad (2.1.5)$$

7) Промислові запаси корисної копалини:

$$Z_n = \frac{Z_{\phi} \cdot (100 - K_{\text{впр}})}{100}, \text{Т.} \quad (2.1.6)$$

$$Z_n = \frac{719\,255\,891 \cdot (100 - 4)}{100} = 690\,485\,655, \text{Т.}$$

8) Об'єм гірничої маси в контурах кар'єру:

$$V_{\text{зм}} = S \cdot H_{\text{к}} + \frac{1}{2} \cdot P \cdot H_{\text{к}}^2 \cdot \text{ctg} \beta_{\text{н}} + \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{\text{к}}^3 \cdot \text{ctg}^2 \beta_{\text{н}}, \text{м}^3. \quad (2.1.7)$$

$$V_{\text{зм}} = 539\,140 \cdot 431,9 + \frac{1}{2} \cdot 4116,16 \cdot 431,9^2 \cdot 1,23 + \\ + \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 431,9^3 \cdot 1,23^2 = 598\,266\,392, \text{м}^3$$

9) Об'єм розкриття в кінцевих контурах кар'єру:

$$V_p = V_{\text{зм}} - V_{\text{KK}}, \text{м}^3. \quad (2.1.8)$$

$$V_p = 598\,266\,392 - 224\,767\,466 = 373\,498\,926, \text{м}^3$$

10) Середній коефіцієнт розкриву:

$$K_{p.сер.} = \frac{V_p}{3_6}, \text{м}^3/\text{т.} \quad (2.1.9)$$

$$K_{p.сер.} = \frac{373\,498\,926}{719\,255\,891} = 0,51 \text{ м}^3/\text{т.}$$

11) Визначаємо орієнтовний термін експлуатації кар'єру з виробничою потужністю по корисній копалині, що дорівнює проектній:

$$T_e = \frac{3_n}{A_{KK}}, \text{років.} \quad (2.1.10)$$

$$T_e = \frac{690\,485\,655}{4000000} = 172 \text{ років.}$$

12) Річна продуктивність кар'єру по розкривних породах відповідно складе:

$$A_p = K_{p.сер.} \cdot A_{KK}, \text{млн.т/рік;} \quad (2.1.11)$$

$$A_p = 0,51 \cdot 4\,000\,000 = 2\,040\,000, \text{ млн.т/рік;}$$

13) Для зручності подальших розрахунків переводимо річну продуктивність кар'єру по корисній копалині та розкривних породах в м³:

$$Q_{KK} = \frac{A_{KK}}{\rho_{KK}}, \text{м}^3/\text{рік}; Q_p = \frac{A_p}{\rho_p}, \text{м}^3/\text{рік.} \quad (2.1.12)$$

$$Q_{KK} = \frac{4000000}{3.2} = 1250000, \text{м}^3/\text{рік} \quad Q_p = \frac{2040000}{2,9} = 703\,448,3, \text{ м}^3/\text{рік}$$

14) Визначаємо місячну, добову та змінну продуктивність роботи кар'єру по корисній копалині та розкривних породах:

$$Q_{KK.міс} = \frac{Q_{KK}}{12}, \text{м}^3 / \text{міс}; Q_{KK.міс} = \frac{1250000}{12} = 104\,166,7, \text{ м}^3 / \text{міс} \quad Q_{p.міс} = \frac{Q_p}{12}, \text{м}^3 / \text{міс}. \quad (2.1.13)$$

$$Q_{p.міс} = \frac{703\,448,3}{12} = 58\,620,7, \text{ м}^3 / \text{міс}$$

$$Q_{KK.доб} = \frac{Q_{KK.міс}}{30}, \text{м}^3 / \text{добу} \quad Q_{KK.доб} = \frac{104\,166,7}{30} = 3472,2, \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.1.14)$$

$$Q_{p.доб} = \frac{Q_{p.міс}}{30}, \text{м}^3 / \text{добу}. \quad Q_{p.доб} = \frac{58\,620,7}{30} = 1954,02, \text{ м}^3 / \text{добу}$$

$$Q_{\text{кк.зм}} = \frac{Q_{\text{кк.доб}}}{N_{\text{зм}}}, \text{м}^3 / \text{змін}; Q_{\text{кк.зм}} = \frac{3472,2}{2} = 1736,1, \text{м}^3 / \text{змін} \quad Q_{\text{р.зм}} = \frac{Q_{\text{р.доб}}}{N_{\text{зм}}}, \text{м}^3 / \text{змін}. \quad (2.1.15)$$

$$Q_{\text{р.зм}} = \frac{1954,02}{2} = 977,01, \text{м}^3 / \text{змін}$$

РОЗДІЛ 2. Розкриття та система розробки умовного родовища

Сутність розкриття родовища (кар'єрного поля) при відкритій розробці полягає у встановленні вантажно-транспортного зв'язку робочих горизонтів кар'єра з пунктами прийому гірничої маси на поверхні (відвали, рудні склади, збагачувальні фабрики та ін.), яке здійснюється шляхом проведення відповідних розкривних виробок. Розрізняють спосіб, схему та систему розкриття:

– *спосіб розкриття* характеризується типом розкривних виробок (капітальні та розрізні траншеї; шахтні стволи та штольні; комбінація відкритих та підземних гірничих виробок);

– *схема розкриття*, це сукупність всіх розкривних виробок, які забезпечують в даний період часу вантажно-транспортний зв'язок робочих горизонтів кар'єру з горизонтами доставки гірничої маси. Вона характеризується типом, кількістю та просторовим положенням розкривних виробок при фактичному положенні гірничих робіт;

– *система розкриття*, це послідовність зміни схем розкриття за весь термін існування кар'єра.

2.1. Вибір способу розкриття родовища.

При виборі *способу розкриття* враховують: елементи залягання родовища; інженерно-геологічні умови; гірничотехнічні умови.

Елементи залягання родовища, а саме: глибина, кут падіння та форма покладу суттєво впливають на спосіб розкриття. Горизонтальні та похилі пласти з неглибоким заляганням звичайно розкривають зовнішніми траншеями, які розташовуються за межами контуру кар'єру, тоді як похилі та круті поклади корисних копалин з великою глибиною залягання розкривають внутрішніми траншеями, розташованими на бортах кар'єру.

Інженерно-геологічні умови під час вибору способу розкриття родовища впливають головним чином на розташування капітальних траншей. Їх розташовують в найбільш стійких породах з найменшою обводненістю. При цьому розташування розкривних виробок на неробочих бортах кар'єру називають *стаціонарним*, тобто таким, що існує весь термін розробки родовища. При розміщенні розкривних виробок на робочому борті кар'єру, їх положення поступово змінюється по мірі розвитку гірничих робіт на горизонтах і тому таке розташування називається *тимчасовим або ковзним*.

До гірничотехнічних умов, які впливають на розкриття кар'єрного поля, відносять: прийняту систему розробки та її параметри, обсяги переміщуваних вантажів та інше. Особливостями кар'єрів, що розробляють похилі та крутоспадаючі родовища є значна кінцева глибина (100-150 м та більше), поступове збільшення поточної глибини кар'єра та кількості уступів, залучених до розробки, переміщення великих обсягів гірничої маси за межі кар'єрного поля, а також наявність міцних скельних та напівскельних порід, які забезпечують високу стійкість бортів кар'єру. Такі родовища, як правило, розкривають системою загальних або групових капітальних траншей внутрішнього закладення (або їх комбінацією з підземними виробками).

Отже, раціональним способом розкриття для умов, що розглядаються в курсовій роботі, пропонується вважати: *розкриття загальними внутрішніми капітальними траншеями, стаціонарно розташованими на неробочому борті кар'єру та орієнтованими вздовж простягання родовища*.

2.2. Вибір схеми розкриття родовища

Вибір та обґрунтування раціональної *схеми розкриття* умовного родовища є одним із основних завдань даної роботи. Для його виконання необхідно визначитись з *типом, кількістю та просторовим положенням* розкривних виробок, а також визначити їх параметри для виконання графічної частини завдання. Параметри розкривних виробок повинні відповідати технічним можливостям кар'єрного транспорту з врахуванням інтенсивності його руху та фізико-технічних властивостей гірських порід. Враховуючи порівняно невеликі

розміри та продуктивність умовного кар'єру у даній роботі пропонується обрати у якості основного **автомобільний кар'єрний транспорт**, який, порівняно із залізничним, має значно кращу маневреність та прохідність; долає крутіші підйоми, що дає змогу скоротити довжину похилих розкривних виробок; має значно менші радіуси розвороту.

2.2.1. Параметри розкривних виробок

Основними параметрами *капітальної траншеї* є її поздовжній похил, довжина та ширина знизу, кути укосів бортів та об'єм (рис. 2.2.1).

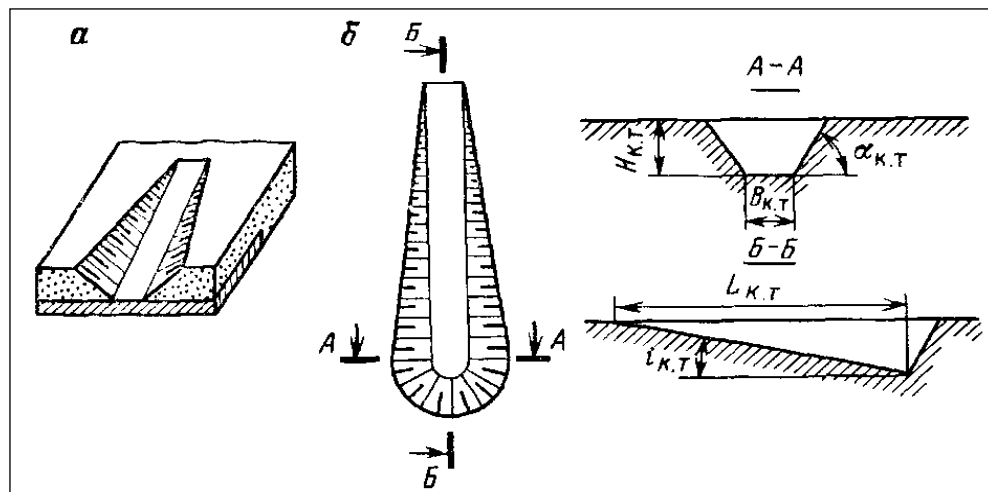


Рис. 2.2.1 Загальний вигляд (а) та план (б) капітальної траншеї

При переміщенні гірських порід з кар'єру **автомобільним транспортом** поздовжній похил траншей може досягати 100-120‰. Великий ухил дозволяє значно скоротити обсяги гірничих робіт, але при цьому знижується безпека та швидкість руху машин. Для сучасних типів автосамоскидів (колісна формула 4х2) керівний ухил з цих міркувань приймається в межах 70-80‰.

Довжина капітальної траншеї L_m визначається її кінцевою глибиною (в нашому випадку – висотою уступу) та величиною керівного похилу:

$$L_m = 1000 \frac{H}{i_k}, \text{ м}, \quad (2.2.1)$$

$$L_m = 1000 \frac{20,4}{75} = 272, \text{ м}$$

де H – кінцева глибина траншеї (висота уступу H_y), м; i_k – величина керівного похилу, ‰.

Ширину траншеї знизу встановлюють в залежності від виду транспорту, кількості стрічок руху, схеми обміну транспорту при навантаженні у вибоях, а також згідно з параметрами прохідницького обладнання й способами її проходки.

При проведенні траншей *механічними лопатами з нижнім навантаженням* доцільним вважається використовувати автомобільний транспорт, так як маневреність автосамоскидів забезпечує високу ефективність роботи екскаваторів. Ширина траншеї по підосві у цьому випадку складе:

$$B_{mp} = 2(R_a + C) + B_a, м \quad (2.2.2)$$

$$B_{mp} = 2(12 + 2) + 6,1 = 34,1, м$$

– при кільцевій схемі розвороту автосамоскидів (рис. 2.2.2);

де L_a та B_a – відповідно довжина та ширина автосамоскида, м; R_a – радіус його розвороту, м; C – зазор між автосамоскидом та бортом траншеї (2-3 м).

За умови ефективного використання виймального обладнання ширина траншеї по підосві повинна бути не меншою за два радіуси черпання (на горизонті установки) прийнятого екскаватора. Кути укосів бортів капітальних траншей приймають в залежності від терміну служби траншей та властивостей гірських порід. Для умов роботи вважатимемо, що гірські породи достатньо стійкі, щоб витримати заданий кут укосу уступу α_y .

Об'єм капітальної (в'їзної) траншеї визначається за формулою (рис. 2.2.3):

$$V_{в.мп} = 1000 \frac{H_y^2}{i_k} \left(\frac{B_{mp}}{2} + \frac{H_y}{3 \operatorname{tg} \alpha_y} \right), м^3, \quad (2.2.3)$$

$$V_{в.мп} = 1000 \frac{20,4^2}{75} \left(\frac{34,1}{2} + \frac{20,4}{3 \cdot 11,4} \right) = 978\,808,32, м^3,$$

Розрізна траншея є продовженням капітальної траншеї. Її проводять на кожному горизонті для створення початкового фронту робіт на уступі. Після проведення розрізної траншеї один або обидва її борти розробляють і по мірі розвитку гірничих робіт на уступі розрізна траншея як гірнича виробка перестає існувати. Розрізну траншею проводять горизонтально або з невеликим нахилом для стікання води.

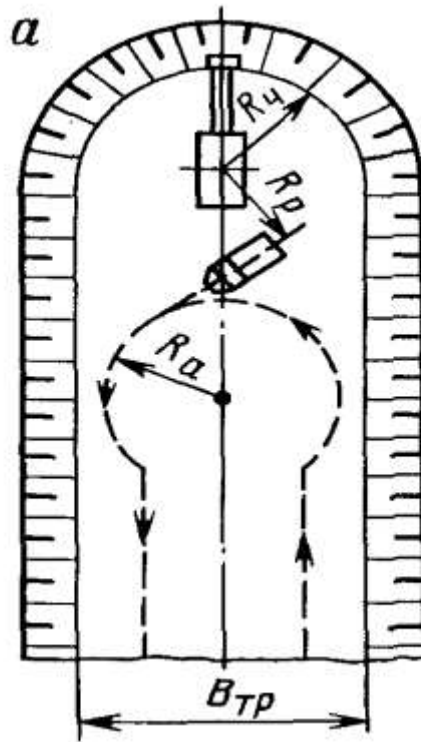


Рис. 2.2.2. Рекомендовані для роботи схеми подання автотранспорту під навантаження при проведенні траншеї

Глибина розрізної траншеї дорівнює висоті уступу який готується до розробки; довжина її залежить від довжини фронту робіт на уступі або екскаваторному блоці; ширина знизу визначається параметрами прохідницького обладнання і способом проходки. Кут укосу розрізної траншеї приймається рівним куту укосу уступу.

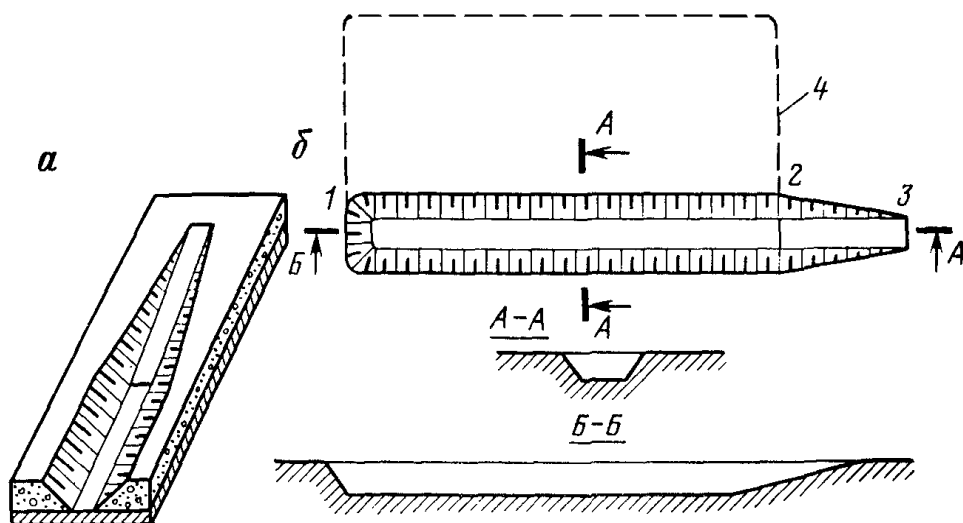


Рис. 2.2.3 Загальний вигляд (а) та розріз (б) капітальної та розрізної траншеї: 1-2 – розрізна траншея; 2-3 – капітальна траншея; 4 – контур кар'єрного поля.

Об'єм розрізної траншеї визначається як об'єм прямої призми, у підставі якої лежить трапеція:

$$V_{p.mp.} = (B_{mp} + H_y \operatorname{ctg} \alpha_y) \cdot H_y \cdot L_{p.mp.}, \text{ м}^3, \quad (2.2.4)$$

$$V_{p.mp.} = (34,1 + 20,4 \cdot 0,36) \cdot 20,4 \cdot 250 = 211\,344, \text{ м}^3,$$

де $L_{p.mp.}$ – довжина траншеї, м. Для умов роботи, з врахуванням прийнятого в якості основного автомобільного транспорту, рекомендована довжина розрізної траншеї $L_{p.mp.} = 250$ м.

2.2.2. Траса капітальних траншей.

Трасуванням капітальних траншей називають встановлення напрямку поздовжньої вісі траншеї у просторі, а також її положення у плані та профілі.

План траси капітальних траншей, це проєкція поздовжньої вісі траси на горизонтальну площину. Він може складатися з прямолінійних та криволінійних ділянок. Його побудова є одним із основних завдань графічної частини роботи.

За формою в плані траси капітальних траншей поділяють на прості і складні.

Форма траси називається *простою*, якщо вона не змінює свого напрямку по всій довжині (Рис. 2.2.4). Це є можливим при розробці неглибоких кар'єрів, які складаються з кількох уступів або при дуже великій протяжності родовища, та, відповідно, дуже великій довжині кар'єрного поля.

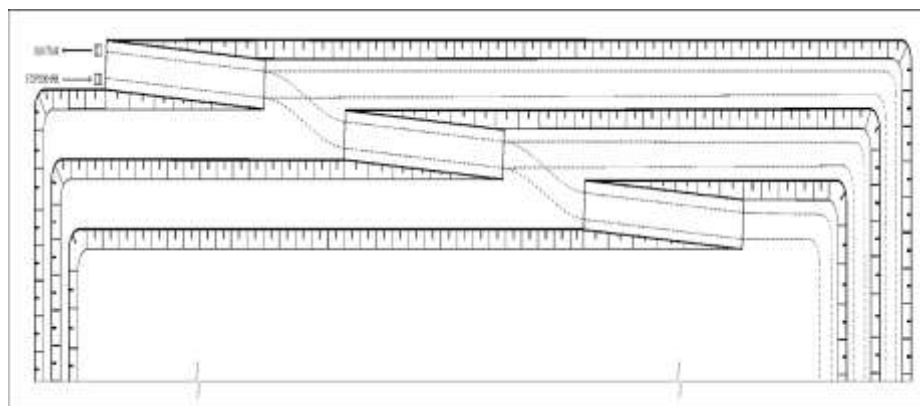
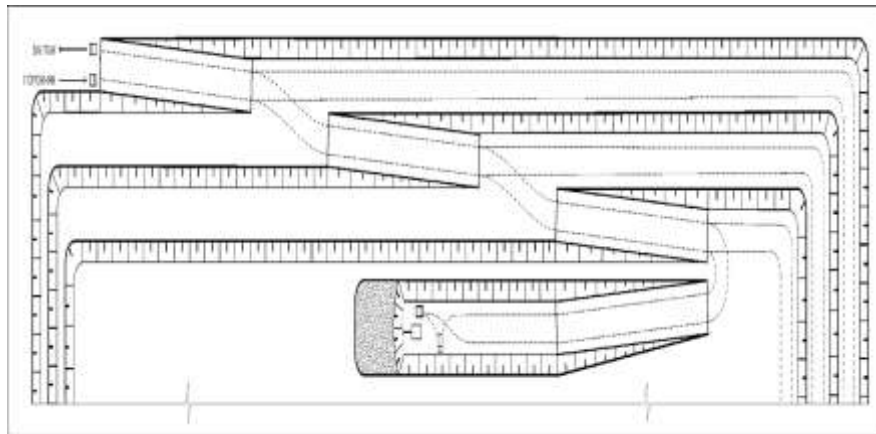
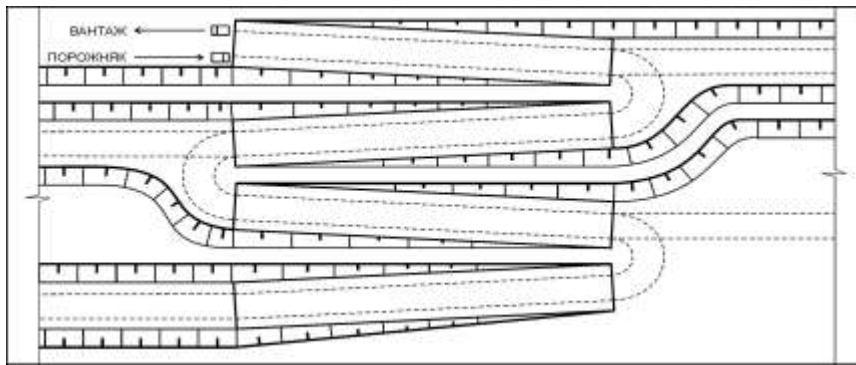


Рис. 2.2.4. План траси капітальних траншей простої форми

Складна форма траси може складатися з двох або кількох ділянок різного напрямку, з'єднаних петлями (Рис. 2.2.5), кривими або тупиками.



б)

Рис. 2.2.5 План траси капітальних траншей складної форми з петльовими з'єднаннями та зміною напрямку траси: а) на кожному горизонті; б) через кожні кілька уступів

Петльове з'єднання похилих ділянок траси дозволяє покращити пропускну здатність траси та забезпечити безперервність руху транспортних засобів незалежно від зміни її напрямку (на відміну від тупикового з'єднання). Необхідною умовою петльового з'єднання є створення поворотної (маневрової) площадки з радіусом, який складає 15-30 м при автомобільному транспорті та 120-200 м при залізничному і є залежним від радіусу розвороту транспортного засобу R_a (Рис. 2.2.6).

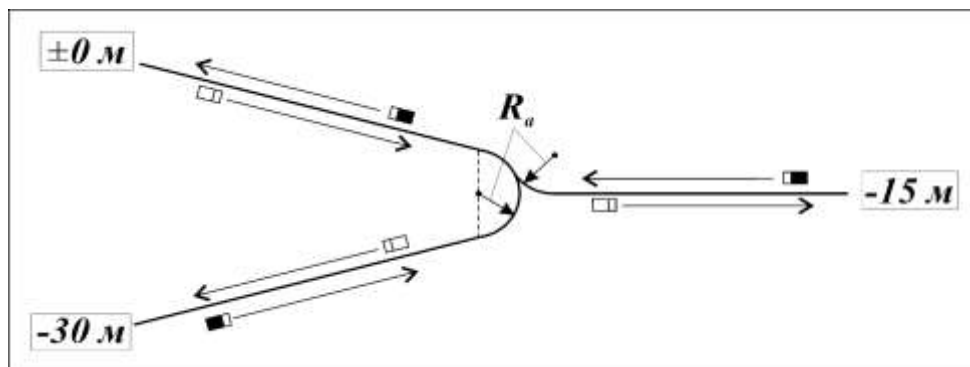


Рис. 2.2.6 Петльова форма траси капітальних траншей (показано ділянку, на якій змінюється напрямок траси)

При залізничному транспорті використовувати цей вид з'єднань доцільно лише в окремих випадках – при сприятливій конфігурації родовища корисних копалин. При використанні ж автомобільного транспорту радіуси розвороту значно менші, отже й розміри маневрових площадок відносно невеликі.

Поздовжній профіль траси являє собою проекцію траси на вертикальну площину і характеризується величиною керівного підйому (i_k , ‰) та довжиною окремих елементів траси. Він складається з горизонтальних і похилих ділянок траси та пунктів примикання їх до робочих горизонтів кар'єру. Пункти примикання, в свою чергу можуть бути на керівному підйомі (без пом'якшення), пом'якшеному підйомі ($0,5 \div 0,6$) i_k , ‰ або на горизонтальних площадках.

Примикання *на горизонтальних площадках* має найбільше поширення, оскільки воно найбільш зручне в експлуатації та простіше інших варіантів при підготовці нових горизонтів, тому для подальшої роботи приймаємо саме його.

За умови, що в графічній частині курсової роботи необхідно виконати розкриття чотирьох горизонтів умовного кар'єру, розглянемо варіанти поздовжніх профілів траси в залежності від взаємного розташування траншей у просторі:

а) проста форма траси – при переході з уступу на уступ напрямок руху транспортних засобів не змінюється (рис. 2.2.7а);

б) тупикова (петльова) форма траси – напрямок руху транспортних засобів при розкритті суміжних горизонтів змінюється на протилежний (рис. 2.2.7б);

в) комбінована форма траси – напрямок руху транспорту змінюється на протилежний не на кожному горизонті, а через кілька горизонтів або уступів (рис. 2.2.7в).

Теоретична довжина траси розраховується за формулою: $L_{теор.} = \frac{1000 \cdot n_y \cdot H_y}{i_k}$, м,

(2.2.5)

$$L_{теор.} = \frac{1000 \cdot 21,17 \cdot 20,4}{75} = 5758,2, \text{ м,}$$

де H_y – висота уступу (кінцева глибина капітальної траншеї на кожному горизонті), м; n_y – кількість горизонтів (уступів), які розкриваються трасою

капітальних траншей. Для виконання графічної частини роботи $n_y = 4$; для розрахунків траси капітальних траншей, які розкривають весь кар'єр $n_y = H_k / H_y$

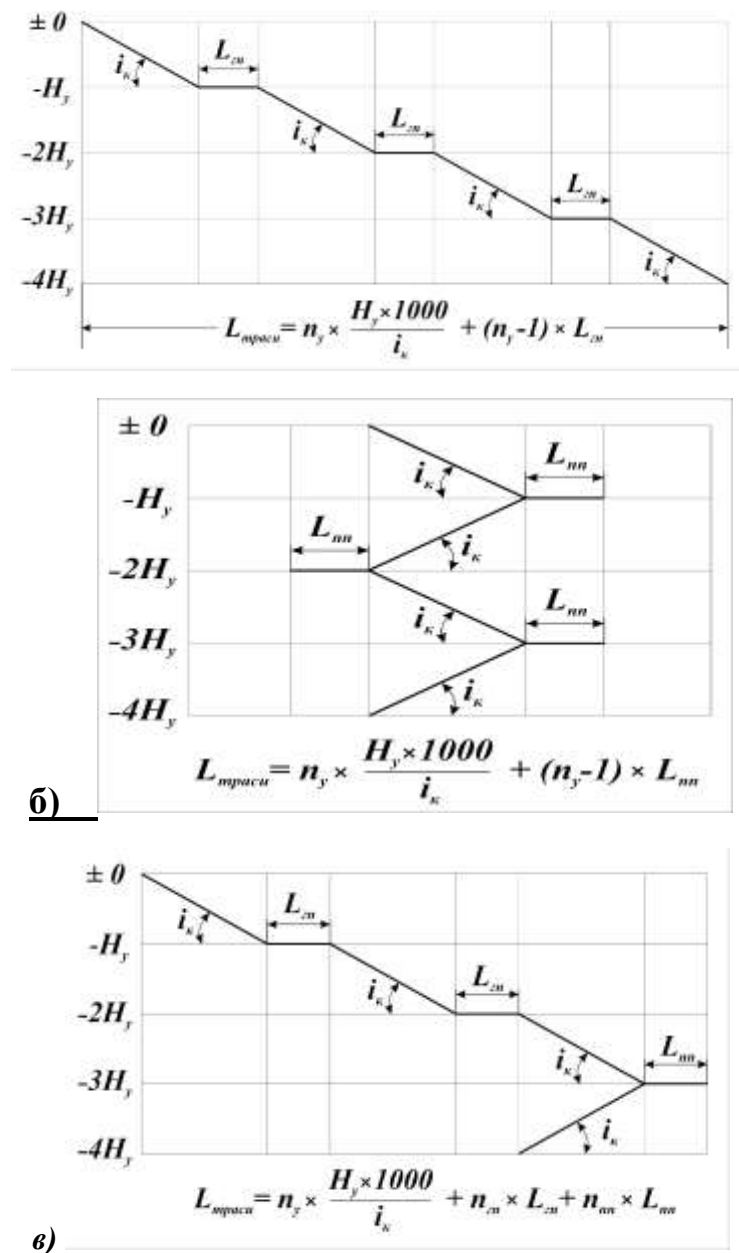


Рис. 2.2.7. Поздовжні профілі траси капітальних траншей для: а) простої; б) тупикової (петльової); в) комбінованої форми траси

Згідно даних варіанту (непарний) обираємо тупикову(петльову) форму траси:- для тупикової (петльової) форми траси

$$L_{\text{дійсн.}} = \frac{1000 \cdot n_y \cdot H_y}{i_k} + (n_y - 1) \cdot L_{nm}, \text{ м}, \quad (2.2.6)$$

$$L_{\text{дійсн.}} = \frac{1000 \cdot 21.17 \cdot 20.4}{75} + (21.17 - 1) \cdot 37.68 = 6518.2 \text{ м},$$

де $L_{\text{пш}}$ – довжина петльової маневрової ділянки примикання з'їздів до робочих горизонтів. Для умов, наведених на рис. 2.2.2 та прийнятого автомобільного транспорту

$$L_{\text{пш}} = \pi \cdot R_a. \quad (2.2.7)$$

$$L_{\text{пш}} = 3,14 \cdot 12 = 37,68 \text{ м},$$

$$\text{Коефіцієнт подовження траси: } K_{\text{под}} = \frac{L_{\text{дійсн.}}}{L_{\text{теор.}}} \quad (2.2.8)$$

$$K_{\text{под}} = \frac{6518,2}{5758,2} = 1,13$$

2.2.3. Параметри горизонтальних площадок на неробочих бортах кар'єру

При використанні автомобільного транспорту (одно- та двохсмуговий шлях), ширина транспортної берми складе (рис. 2.2.8):

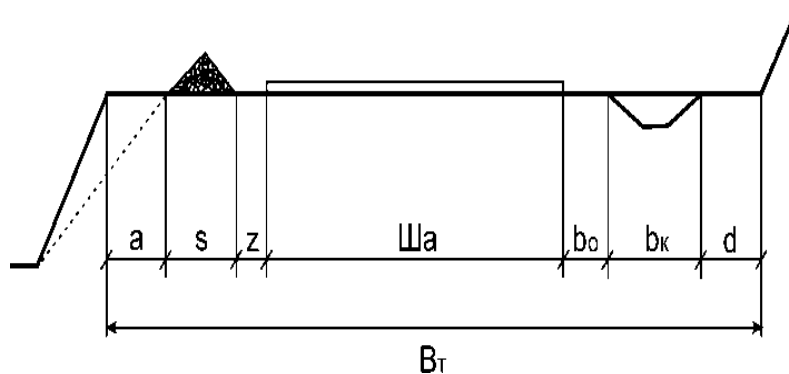


Рис. 2.2.8 Будова транспортної берми умовного кар'єру при використанні автомобільного транспорту

$$B_{\text{т}} = a + s + z + Ша + b_o + b_k + d, \text{ м}, \quad (2.2.9)$$

$$B_{\text{т}} = 2,65 + 2,5 + 0,5 + 6,1 + 2 + 1,3 + 0,5 = 15,55, \text{ м}$$

де a – ширина призми обрушення уступу, м. Для заданих порід визначаємо як $(0,1 \div 0,15) \cdot h_y$, приймаємо $0,13 \cdot h_y$; s – ширина орієнтувального валу гірської породи, яка повинна бути рівній трикратній його висоті при відсипанні з м'яких і напівскельних порід і 2,5-кратній - при відсипанні зі скельних порід. Отже, при висоті валу в 1 м для скельної породи вона складе 2,5 м; z – відстань від підоснови ґрунтового вала до межі проїзної частини повинна бути не менше 0,5 м. Приймаємо $z = 0,5$ м; $Ша$ – ширина проїзної частини автошляху. Залежить від

категорії шляху і габаритів рухомого складу автотранспорту. Так, наприклад, якщо прийняти у якості транспортного засобу для переміщення гірських порід автосамоскиди вантажопідйомністю 110 т, то Ша для односмугового шляху складе 6.1 м; b_o – ширина узбіччя (обочини) автошляху. Для односмугових шляхів b_o обираємо – 2,0 м. b_k – ширина кювету по верху, м. Приймаємо $b_k = 1,3$ м.

d – відстань від бровки кювету до нижньої бровки уступу, м. Приймаємо 0,5 м.

Запобіжні берми призначені для затримання уламків гірських порід, що обсипаються з верхніх уступів, а також для дотримання необхідного за умов стійкості кута відкосу неробочого борту кар'єру. *Ширину запобіжних берм* V_{min} за умовами стійкості наближено визначаємо, як третину висоти уступу з округленням до 0,5 м. Наприклад, при уступах висотою 15 м, $V_{min} = 5$ м, а при висоті уступів 17 м, відповідно $V_{min} = 5,5$ м.

2.3. Параметри елементів системи розробки умовного родовища відкритим способом

Системою відкритої розробки родовища називають встановлений порядок виконання комплексу підготовчих, розкривних та добувних робіт, які забезпечують виймання запасів корисних копалин відповідно до вимог по її якості та проектної потужності кар'єру. Для умов даної роботи, зважаючи на те, що умовний кар'єр має достатньо велику глибину, пропонується прийняти **поглиблювальну транспортну систему розробки з використанням автомобільного транспорту**. Основними елементами системи розробки є: висота уступу, ширина робочого майданчика, довжина екскаваторного блока та фронту робіт, інтенсивність гірничих робіт.

Висоту уступу проектують з урахуванням безпеки ведення гірничих робіт, фізико-механічних властивостей порід, які розробляються, параметрів виймального обладнання та інших чинників. Оптимальна висота уступу забезпечує мінімальні витрати на розробку родовища при безпечному веденні гірничих робіт. Висота уступів повинна визначатись залежно від висоти черпання

виймальної техніки та типу порід: а) для порід, які виймаються безпосередньо із масиву без підготовчих робіт (м'які, щільні породи, ґрунти і т.д.) $H_y \leq H_{ч.мах}$, м, де $H_{ч.мах}$ – максимальна висота черпання кар'єрного екскаватора, м; б) для подрібнених скельних порід, які готуються до виймання буровибуховим способом $H_y \leq 1,5 \cdot H_{ч.мах}$, м.

Отже, для визначення висоти уступу, спочатку необхідно прийняти виймально-навантажувальне обладнання для відпрацювання уступів, щоб визначитись з його робочими параметрами. Розраховану висоту уступів округлюємо у менший бік до цілого значення метрів. *Нормальна ширина заходки* механічних лопат розраховується за умов забезпечення максимальної продуктивності робіт при мінімальному переміщенні екскаватора у вибої $A_3 = (1,5 \div 1,7) \cdot R_{ч.у.}$, $A_3 = 1,5 \cdot 12 = 18$ де $R_{ч.у.}$ – радіус черпання екскаватора на горизонті його установки. *Ширина робочого майданчика* визначає об'єми розкривних порід та корисних копалин, показники буровибухових робіт тощо. З метою зменшення поточних обсягів розкривних порід ширину робочого майданчика намагаються запроектувати якнайменших розмірів.

Мінімальна ширина робочого майданчика при розробці порід, які потребують буровибухової підготовки, із застосуванням автомобільного транспорту (рис. 2.3.1):

$$Ш_{pne} = y + m + g_r + z + s + a, \text{ м}, \quad (2.3.1)$$

$$Ш_{pne} = 3 + 2,5 + 6,1 + 0,5 + 3 + 2,65 = 17,75 \text{ м},$$

де $y = 3\text{м}$ – відстань від вісі опори ППЛ (переносної повітряної лінії електропередач) до нижньої брівки верхнього уступу; $m = 2,5\text{м}$ – відстань від краю проїзної частини автомобільної дороги до осі опори ППЛ; $g_r = Ш_a$ – ширина проїзної частини технологічної автомобільної дороги, м ($Ш_a$ приймалася при визначенні ширини транспортної берми); $z = 0,5\text{м}$ – відстань від підосви ґрунтового вала до краю проїзної частини автодороги; $s = 3\text{м}$ – ширина ґрунтового вала, що орієнтує; a – ширина призми обрушення уступу, м (для умов роботи приймаємо $a = 0,13 \cdot H_y$).

Нормальна ширина робочого майданчика повинна забезпечувати заданий резерв запасів готових до виймання і може бути визначена за формулою:

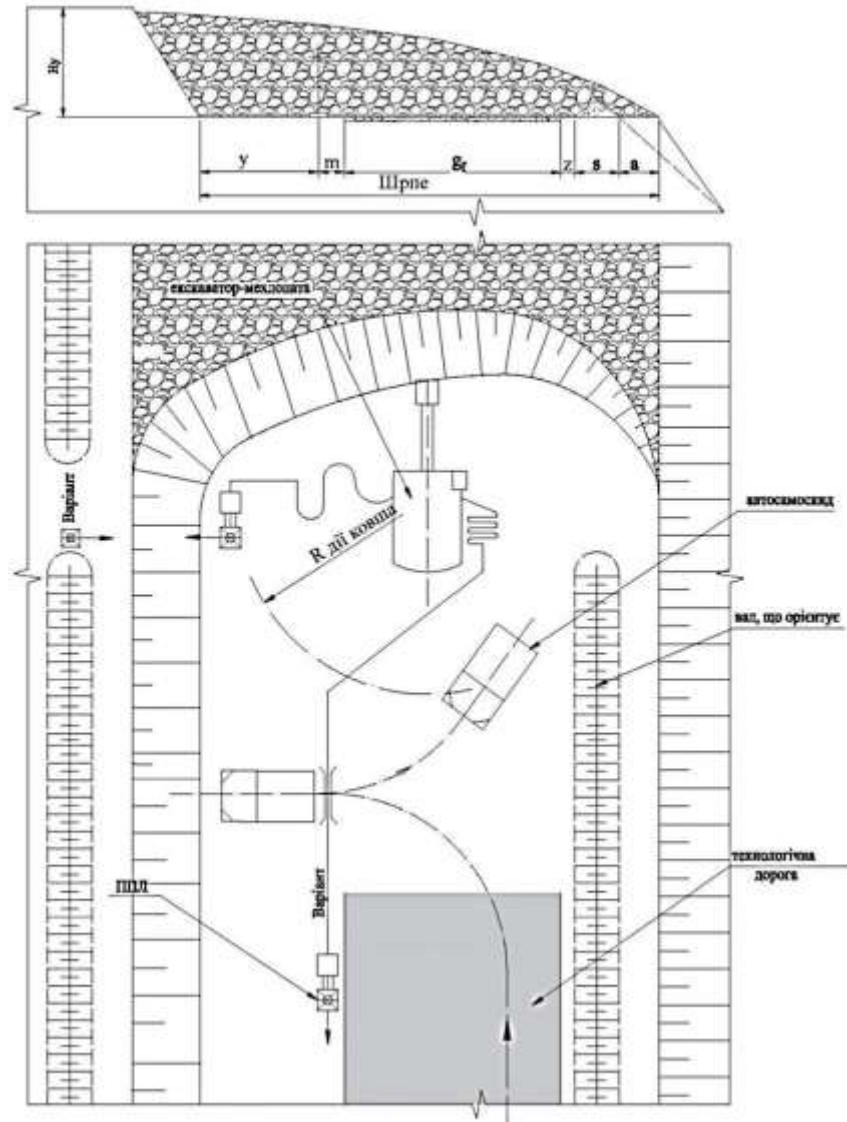


Рис. 2.3.1 Схема до визначення мінімальної ширини робочого майданчика

$$\text{Ш}_n = \text{Ш}_{\text{пне}} + \frac{\mu \cdot A}{L \cdot H_y}, \text{м} \quad (2.3.2)$$

$$\text{Ш}_{\text{н.р.}} = 17,75 + \frac{0,125 \cdot 1250000}{478,9 \cdot 20,4} = 16, \text{м}$$

$$\text{Ш}_{\text{н.кк.}} = 17,75 + \frac{0,125 \cdot 2040000}{851,03 \cdot 20,4} = 15, \text{м}$$

де A – продуктивність кар'єру за відповідними видами порід, м³/рік (визначалася раніше як $Q_{\text{кк}}$ та Q_p);

L – довжина фронту робіт по цих породах, м. Для умов, наведених в роботі можна вважати, що:

$$L_{\text{кк}} = \frac{Q_{\text{кк}} \cdot \mu}{H_y \cdot X_{\text{кк}}}, \text{м}; L_p = \frac{Q_p \cdot \mu}{H_y \cdot X_p}, \text{м}, \quad (2.3.3-2.3.4)$$

$$L_{\text{кк}} = \frac{1250000 \cdot 0,125}{20,4 \cdot 9} = 851,03, \text{м} \quad L_p = \frac{703448 \cdot 0,125}{20,4 \cdot 9} = 478,9, \text{м}$$

де $X_{\text{кк}}$ та X_p – ширина смуги готових до виймання запасів, відповідно, корисної копалини та розкривних порід (для умов роботи доцільно прийняти $X=0,5 \cdot A_3$; $X=0,5 \cdot 18=9$, м);

μ – нормативний коефіцієнт готових до виймання запасів гірничої маси. Забезпеченість кар'єру запасами руди й обсягами розкривних порід, готовими до виймання, виражається в місяцях, виходячи з планованої продуктивності його в черговому році. При цілодобовому режимі роботи і застосуванні колісних видів транспорту забезпеченість кар'єру повинна складати: готовими до виймання запасами руди та скельних розкривних порід – **не менше 1,5 місяця ($\mu = 0,125$)**. Довжина екскаваторного блока визначається головним чином інтенсивністю розробки, висотою уступу та можливістю безперебійного забезпечення вибоїв транспортом.

При максимальній інтенсивності розробки необхідно прагнути зменшити довжину блока з метою введення в роботу великої кількості екскаваторів. Довжину блока при застосуванні залізничного транспорту приймають у м'яких породах не менше 300 м, в скельних – не менше 400 м, під час транспортування автомобільним транспортом довжина блока може бути 100 – 250 м або меншою.

РОЗДІЛ 3. Підготовка гірських порід до виймання

Породи невеликої міцності можуть не вимагати ніяких заходів щодо підготовки та успішно вийматись механічними лопатами та драглайнами безпосередньо із цілика, але, якщо вони знаходяться під дією мінусових температур, то необхідні заходи по відтаюванню або запобіганню промерзання. Для підготовки до виймання скельних та напівскельних порід середньої міцності та міцних використовують буро-вибухові роботи. Найпоширенішим на кар'єрах

країни (95% від загального обсягу) є метод вертикальних свердловинних зарядів, який і рекомендується прийняти в якості основного при розрахунках роботи.

В процесі розрахунків даного розділу рекомендується до використання навчальний посібник: А.В. Шапурин «Расчет параметров буровзрывных работ» (Київ: УМК ВО, 1990), за допомогою якого можна детально обґрунтувати вибір бурового обладнання, вибухової речовини та схеми комутації вибухової мережі.

Вид бурового устаткування та інструмента дозволяють визначити діаметр заряду

$$d_3 = k_p \cdot d_d, \text{м}, \quad (2.3.1)$$

$$d_3 = 1,024 \cdot 0,250 = 0,25 \text{ м},$$

де k_p - коефіцієнт розширення свердловини, що залежить від міцності й ступеня тріщинуватості гірських порід; d_d - діаметр долота, коронки або різця обраного бурового обладнання, м; $k_p = 1,06 - (14 - 2) \cdot 0,003 = 1,024$, де f – коефіцієнт міцності порід за шкалою М.М. Протодьяконова.

Отриманий результат дозволяє визначити значення опору по підшві W_2 для наступних рядів свердловин, що переборює заряд даного діаметра з досягненням крупності дроблення, яка забезпечує раціональні режими роботи вантажно-транспортного комплексу, по формулі:

$$W_2 = 1,05 \cdot d_3^4 \sqrt{\frac{\Delta \cdot Q}{f}}, \text{м}, \quad (2.3.2)$$

$$W_2 = 1,05 \cdot 0,25^4 \sqrt{\frac{1550 \cdot 3950}{14}} = 6,7 \text{ м},$$

де Δ - щільність заряджання, визначається обраною ВР, кг/м³; Q - теплота вибуху обраної ВР, кДж/кг.

Обчислена величина, може бути опором по підшві для зарядів першого ряду, однак у цьому випадку обчислюють також значення опору по підшві (ОПП), що відповідає безпечним умовам роботи бурового обладнання на уступі:

$$W_{TB} = H_y \cdot \text{ctg } \alpha_y + C, \text{м}, \quad (2.3.3)$$

$$W_{TB} = 20,4 \cdot 0,36 + 2 = 9,34 \text{ м},$$

де H_y - висота уступу, м; α_y - кут укосу уступу, град; C – мінімальна безпечна відстань від верхньої бровки уступу до першого ряду свердловин, $C = 2-3$ м.

Для подальших розрахунків W_2 та $W_{тб}$ порівнюють, більше з них приймають за W_1 . Питома витрата - кількість ВР, що доводиться на одиницю об'єму гірських порід, забезпечує досягнення технологічної мети – розпушування порід перед екскавацією:

$$q = 12 \cdot \sqrt[4]{\frac{f^3 \cdot \Delta}{Q^3}}, \text{кг/м}^3 \quad (2.3.4)$$

$$q = 12 \cdot \sqrt[4]{\frac{14^3 \cdot 1550}{3950^3}} = 1,09, \text{кг/м}^3$$

Довжина вертикальних свердловин на кар'єрах більше висоти уступу на величину перебуру:

$$l_c = H_y + l_{\text{ПЕР}}, \text{м}, \quad (2.3.5)$$

$$l_c = 20,4 + 3,21 = 23,61 \text{ м},$$

$$\text{де } l_{\text{ПЕР}} = 0,15H_y + 0,1f - 5d_3, \text{м}. \quad (2.3.6)$$

$$l_{\text{ПЕР}} = 0,15 \cdot 20,4 + 0,1 \cdot 14 - 5 \cdot 0,25 = 3,21 \text{ м}.$$

Практикою встановлено, що застосування перебурів глибиною більше 3,0 м не приводить до помітного поліпшення якості пророблення підосви уступу в цілому, але в той же час значно порушує масив порід у місці розташування свердловин, ускладнюючи забурювання свердловин при виконанні робіт на горизонті, який розташовано нижче. Тому довжину перебуру варто приймати не більше 3,0 м, а звичайно 1,5 - 2,5 м. Відомі глибина й діаметр свердловини дозволяють визначити заряд у ній при відомій місткості одного метра свердловини за формулою:

$$P = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \Delta. \quad (2.3.7)$$

$$P = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \cdot 1550 = 76 \text{ кг/м}$$

Довжина забивки визначиться, як різниця між визначеною глибиною свердловини й довжиною заряду:

$$l_{3AB} = l_{CB} - \frac{W_2^2 \cdot H_y \cdot q}{P}, \text{м.} \quad (2.3.8)$$

$$l_{3AB} = 23 - \frac{6,7^2 \cdot 20,4 \cdot 1,09}{76} = 10 \text{ м.}$$

Виконані обчислення дозволяють визначити відстань між свердловинами в першому ряді a_1 , що задовольняє двом умовам: достатності заряду для якісного руйнування порід перед першим рядом свердловин і місткості заряду в свердловині розрахованого діаметра:

$$a_1 = \frac{(l_{CB} - l_{3AB}) \cdot P}{W_1 \cdot H_y \cdot q}, \text{м.} \quad (2.3.9)$$

$$a_1 = \frac{(23 - 10) \cdot 76}{9,3 \cdot 20 \cdot 1,09} = 4,8 \text{ м.}$$

Отриману величину порівнюють з лінією опору по підшві уступу для першого ряду W_1 , визначають коефіцієнт зближення зарядів у першому ряді:

$$m_1 = \frac{a_1}{W_1} \quad (2.3.10)$$

$$m_1 = \frac{4,8}{9,34} = 0,51$$

Якщо $m_1 \geq 0,65$, то диспропорція між ОПП для зарядів першого ряду й відстанню між ними не дуже значна й дозволяє успішно перебороти розрахункове значення опору по підшві без використання додаткових технологічних прийомів. Якщо коефіцієнт зближення зарядів незначно менше 0,65 (наприклад, 0,6), можна зменшити довжину забійки для свердловин першого ряду в порівнянні з наступними на 1...1,5 м, що часто й роблять на кар'єрах. У цьому випадку збільшиться заряд у свердловинах першого ряду, що дозволить успішно зруйнувати більший обсяг порід і, отже, збільшити відстань між свердловинами a_1 , при цьому зменшиться диспропорція між цим параметром і значенням СПП. Більш ефективний метод збільшення коефіцієнта зближення зарядів - застосування парних свердловин у першому ряді, що працюють при підриванні, як одна свердловина великого діаметра. Відстань між парними свердловинами при незмінному значенні W_1 визначають із таким розрахунком, щоб на пару свердловин доводився такий же обсяг гірських порід, як на дві свердловини в наступних рядах:

$$a_{1СП} = \frac{(l_{CB} - l_{3AB})2P}{W_y \cdot H_y \cdot q}. \quad (2.3.11)$$

$$a_{1СП} = \frac{(23-10)2 \cdot 76}{9,34 \cdot 20,4 \cdot 1,09} = 10$$

У цьому випадку також необхідно порівняти значення коефіцієнта зближення зарядів для спарених свердловин із припустимим значенням (0,65):

$$m_{1СП} = \frac{a_{1СП}}{W_1}. \quad (2.3.12)$$

$$m_{1СП} = \frac{10}{9,34} = 1$$

Згідно даних розрахунків робимо висновок, що більш ефективнішим методом буде обрані спарені свердловини.

Визначення необхідної кількості бурового устаткування

Правильний вибір кількості бурового устаткування визначає ритмічну роботу кар'єру, а також продуктивну роботу самих бурових верстатів, тому що остання залежить не лише від буримості гірських порід, але й багато в чому від правильної організації робіт у часі. Існує кілька варіантів організації робіт на буровій дільниці.

Один з них - по безперервному робочому тижню, по три восьмигодинні зміни на добу, що означає щоденну роботу бурових верстатів, включаючи суботу й неділю, а бурових бригад - за графіком. У цьому випадку кількість бурових верстатів, необхідна для забезпечення річної продуктивності кар'єру по скельних породах, мінімальна, що забезпечує мінімальні капітальні витрати на їхнє придбання й мінімальний розмір амортизаційних відрахувань на собівартість. У той же час такий графік роботи приводить до мінімального резерву бурового парку, ставить у залежність підготовку блоків до вибуху від аварійності бурових верстатів, крім того, їх продуктивність у нічну зміну знижується.

Робота з перерваним робочим тижнем, в 2 восьмигодинні зміни на добу дозволяє організувати ремонтні роботи у вихідні дні, виконати їх без поспіху і якісно, що знижує аварійність верстатів під час роботи. Така організація

приводить до більш високої змінної продуктивності робіт, але й до більш високих капітальних витрат і відповідно до амортизаційних відрахувань.

Кількість бурових верстатів залежить, з одного боку, від річної продуктивності бурових верстатів, а з іншого – від річної потреби кар'єру в метражі свердловин, обумовленої виходом гірничої маси з 1 м свердловини, що для випадку спарених свердловин у першому ряді формула для визначення виходу гірничої маси прийме вид:

$$V = \frac{[W_1 + W_2(n-1)]H_y}{\left(\frac{2}{a_{1сп}} + \frac{n-1}{W_2}\right) \cdot l_c}, \text{м}^3 \quad (2.3.13)$$

$$V = \frac{[9,34 + 6,63(3-1)]20,4}{\left(\frac{2}{10} + \frac{3-1}{6,6}\right) \cdot 23} = 40, \text{м}^3$$

де n - кількість рядів свердловин у блоці, шт.

Відоме значення виходу гірничої маси з 1 м свердловини дозволяє визначити сумарну кількість метрів свердловин, необхідну для забезпечення річної продуктивності кар'єру:

$$\sum l = \frac{A}{V} k_{втр}, \text{м}, \quad (2.3.14)$$

$$\sum l = \frac{4\,000\,000}{40} \cdot 1,07 = 107\,000 \text{ м},$$

де $k_{втр}$ - коефіцієнт втрат свердловин, що у середньому можна прийняти рівним 1,07.

Потрібна кількість бурових верстатів визначається за формулою:

$$N_c = \frac{\sum l_c}{P_{зм} \cdot N_{зм} \cdot N_{р.д}}, \text{шт.} \quad (2.3.15)$$

$$N_c = \frac{\sum 107000}{70 \cdot 2 \cdot 365} = 2 \text{ шт.}$$

де $P_{зм}$ - змінна продуктивність бурового верстата, м/зміну (розрахувати згідно обраної моделі бурового верстата за відомою методикою); $N_{зм}$ - кількість змін роботи бурового устаткування на добу, змін.; $N_{р.д.}$ - кількість робочих днів у році (режим роботи кар'єра визначався у розділі 1, п.1).

Розрахована кількість верстатів дозволяє визначити інвентарну кількість бурових верстатів:

$$N_{\text{ВЕРСТ.ИНВ.}} = \sum N_{\text{ВЕРСТ.}} \cdot k_p, \text{ шт}, \quad (2.3.16)$$

$$N_{\text{ВЕРСТ.ИНВ.}} = 2 \cdot 1,2 = 3 \text{ шт},$$

де k_p - коефіцієнт резерву, $k_p = 1,2$.

Визначення необхідної кількості засобів механізації заряджання, забивки свердловин і штату підричників

Потреба гірничодобувного підприємства в зарядній техніці визначається: річною витратою ВР; частотою проведення масових вибухів і часом, що відводиться на їхню підготовку; змінною продуктивністю зарядних машин.

Річна витрата ВР, обумовлена їхніми питомими витратами й масштабами гірничого виробництва

$$Q_P = (A_{\text{кк}} \cdot q_{\text{кк}} + A_p \cdot q_p) \cdot 0.001, \text{ т/рік}, \quad (2.3.17)$$

$$Q_P = (4000000 \cdot 1.09 + 2040000 \cdot 1.09) \cdot 0.001 = 6583.6 \text{ т/рік},$$

де $A_{\text{кк}}$, A_p – річна продуктивність кар'єру по різновидах скельних гірських порід, м^3 ; $q_{\text{кк}}$, q_p – питомі витрати ВР у відповідних гірських породах, кг/м^3 .

За практикою провідних гірничодобувних підприємств країни частота проведення масових вибухів: $N_{\text{мас}} = 2$ рази/міс (або раз у два тижні).

Вибравши частоту проведення підривних робіт, приймаємо обсяг середнього блока, що підривається, який дорівнює середній місячній продуктивності екскаватора на скельних породах $Q_{\text{міс}}$ (визначається в розділі 4). У цьому випадку кількість ВР у середньому блоці:

$$Q_{\text{БЛ}} = \frac{Q_{\text{міс}} \cdot q}{1000}, \text{ т}. \quad (2.3.18)$$

$$Q_{\text{БЛ}} = \frac{511\,751,4 \cdot 1,09}{1000} = 557,8 \text{ т}.$$

Визначимо кількість блоків, що підриваються за один масовий вибух,

$$N_{\text{БЛ}} = \frac{Q_P}{Q_{\text{БЛ}} \cdot N_{\text{мас}} \cdot 12}, \text{ шт}. \quad (2.3.19)$$

$$N_{\text{БЛ}} = \frac{6583,6}{557,8 \cdot 2 \cdot 12} = 1 \text{ шт}.$$

При дробовому значенні округляємо в більшу сторону.

Необхідна кількість зарядних машин для підготовки цих блоків визначиться за формулою:

$$N_{3M} = \frac{N_{БЛ} \cdot Q_{БЛ}}{P_{3M} \cdot N_n}, \text{шт.}, \quad (2.3.20)$$

$$N_{3M} = \frac{1 \cdot 557,8}{30 \cdot 2} = 10 \text{ шт.},$$

де P_{3M} - середня змінна продуктивність зарядної машини, яка залежно від обраної моделі змінюється від 25 до 60 т/зм ; N_n - кількість змін на підготовку вибуху, $N_n = 2 - 4$ зміни.

Інвентарну кількість зарядних машин визначаємо з урахуванням резерву:

$$N_{3M.инв.} = (1,15 \div 1,25) \cdot N_{3M}, \text{шт.} \quad (2.3.21)$$

$$N_{3M.инв.} = 1,25 \cdot 10 = 13 \text{ шт.}$$

$$\text{Необхідна кількість забивних машин } N_{3AB} = A / Q_3, \text{шт.}, \quad (2.3.22)$$

$$N_{3AB.кк.} = 4000000 / 4000000 = 1 \text{ шт.},$$

$$N_{3AB.р.} = 2040000 / 4000000 = 1 \text{ шт.},$$

де $Q_3 = 4000000 \text{ м}^3/\text{рік}$ – середня річна продуктивність забивної машини ; A – річна продуктивність кар'єра по різновидах порід (розраховуємо N_{3AB} окремо по розкриву A_p та корисній копалині $A_{кк}$), м^3 .

Необхідна кількість підривників для виконання робіт із заряджання та забивки свердловин, монтажу підривної мережі при підготовці вибуху:

$$N_{пдр.} = \frac{A}{Q_{пдр.}}, \text{осіб.}, \quad (2.3.23)$$

$$N_{пдр.} = \frac{4000000}{600000} = 7 \text{ осіб.},$$

$$N_{пдр.} = \frac{2040000}{600000} = 3 \text{ осіб.},$$

де $Q_{пдр.} = 600000 \text{ м}^3$ - досягнута річна продуктивність підривників на діючих кар'єрах щодо підривної підготовки гірничої маси до виймання при повній механізації зарядних робіт.

РОЗДІЛ 4. Виймально-навантажувальні роботи

1) Технічна продуктивність екскаватора враховує умови роботи у вибої і є максимально можливою для даної моделі при безупинній роботі в конкретних умовах.

$$Q_T = \frac{3600 \cdot E \cdot k_n}{T_u \cdot k_p}, \text{ м}^3 / \text{год.} \quad (2.4.1)$$

$$Q_T = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 1,1}{26 \cdot 1,2} = 1015,38, \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Коефіцієнти розпушення порід у ковші екскаватора (k_p) і коефіцієнт наповнення ковша (k_n) приймаються з урахуванням різновидів порід, що відпрацьовуються. Для умов роботи приймаємо $k_p=1,2$; $k_n=1,1$.

2) Експлуатаційна продуктивність екскаватора враховує не лише конкретні умови, але й організацію процесу виймально-навантажувальних робіт за допомогою коефіцієнта використання екскаватора в часі робочої зміни:

$$Q_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot E \cdot k_n}{T_u \cdot k_p} \cdot k_{\text{вик.}} \cdot T_{\text{зм}}, \text{ м}^3 / \text{зміну}, \quad (2.4.2)$$

$$Q_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 1,1}{26 \cdot 1,2} \cdot 0,7 \cdot 12 = 8529,19, \text{ м}^3 / \text{зміну}$$

де $k_{\text{вик.}}$ – коефіцієнт використання екскаватора у змінному часі без врахування простоїв. Значення даного коефіцієнта залежить від виду застосовуваного транспорту і прийнятої схеми подачі його під навантаження і може бути взятє з технологічних довідників, або зі звітів технічних служб діючого підприємства. Для умов роботи приймаємо $k_{\text{вик.}} = 0,7$; $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин.

3) Добова $Q_{\text{доб.}}$, місячна $Q_{\text{міс.}}$ і річна $Q_{\text{річ.}}$ експлуатаційні продуктивності екскаватора визначаються з врахуванням режиму роботи кар'єру:

$$\begin{aligned} Q_{\text{доб.}} &= Q_{\text{зм.}} \cdot n_{\text{зм.}}, \text{ м}^3 / \text{добу}; & Q_{\text{доб.}} &= 8529,19 \cdot 2 = 17\,058,38, \text{ м}^3 / \text{добу}; \\ Q_{\text{міс.}} &= Q_{\text{доб.}} \cdot 30, \text{ м}^3 / \text{місяць}; & Q_{\text{міс.}} &= 17\,058,38 \cdot 30 = 511\,751,4, \text{ м}^3 / \text{місяць}; \\ Q_{\text{річ.}} &= Q_{\text{доб.}} \cdot N_{\text{рò}}, \text{ м}^3 / \text{рік} & Q_{\text{річ.}} &= 17\,058,38 \cdot 365 = 6\,226\,308,7, \text{ м}^3 / \text{рік} \end{aligned} \quad (2.4.3)$$

4) Ґрунтуючись на вихідних даних річної продуктивності кар'єру за різними різновидами порід, визначаємо необхідну кількість вймально-навантажувального устаткування для виконання даних робіт:

$$N_{\text{кк}} = \frac{A_{\text{кк}}}{Q_{\text{річ.кк}}}, \text{ шт.}; N_p = \frac{A_p}{Q_{\text{річ.р}}}, \text{ шт.}, \quad (2.4.4)$$

$$N_{\text{кк}} = \frac{4000000}{1250000} = 3, \text{ шт.}; N_p = \frac{2040000}{703448.2} = 3, \text{ шт}$$

де $A_{\text{кк}}$, A_p – річна виробнича потужність кар'єру відповідно по корисній копалині та розкривних породах, м^3 ; $Q_{\text{річ.кк}}$, $Q_{\text{річ.р}}$ – експлуатаційна річна продуктивність екскаватора відповідно по корисній копалині та розкривних породах, $\text{м}^3/\text{рік}$.

5) Інвентарний парк екскаваторів визначається з урахуванням коефіцієнта резерву за формулою: $N_{\text{инв.}} = N_{\text{екс.}} \cdot k_{\text{рез.}}$, де $k_{\text{рез.}}$ – коефіцієнт резерву ($k_{\text{рез.}} = 1,2$).

$$N_{\text{инв.}} = 6 \cdot 1,2 = 7 \text{ шт.}$$

РОЗДІЛ 5. Транспортування кар'єрних вантажів

Основною задачею при виконанні даного розділу роботи є розрахунок експлуатаційної продуктивності кар'єрного транспорту, ґрунтуючись на якому необхідно розрахувати парк транспортного обладнання для забезпечення заданої виробничої потужності кар'єру.

Розрахунок автомобільного транспорту. Робочий парк автосамоскидів установлюється за умовою забезпечення беззупинної роботи робочого парку екскаваторів при ритмічному подаванні порожніх автосамоскидів у вибій. Число автосамоскидів, що може ефективно використовуватися в комплексі з одним екскаватором, визначається за формулою:

$$N_p = \frac{T_p}{t_n}, \text{ шт, де } T_p - \text{ час рейсу, хв;} \quad (2.5.1)$$

$$N_p = \frac{28}{2,36} = 11,86$$

$$T_p = t_n + t_{\text{пых.}} + t_p + t_m, \text{ хв,} \quad (2.5.2)$$

$$T_p = 2.36 + 24 + 1.16 + 0.5 = 28, \text{ хв}$$

де $t_n, t_{пyx}, t_p, t_m$ - час відповідно навантаження, руху, розвантаження і маневрів, хв.

$$N_p = \frac{t_n + t_{пyx} + t_p + t_m}{t_n}, \text{шт.} \quad (2.5.3)$$

$$N_p = \frac{2.58 + 24 + 1.16 + 0.5}{2.58} = 11 \text{ шт.}$$

Час навантаження $t_n = n_k \cdot t_u$, хв, $t_n = 5.5 \cdot 0.43 = 2.36$, хв, де n_k - кількість ковшів, що розвантажуються у кузов автосамоскида; t_u - тривалість робочого циклу екскаватора, хв.

У залежності від співвідношення густини ρ_n перевезеної породи, вантажопідйомності q_a автосамоскида, ємності V_a його кузова, число n_k ковшів може обмежуватися ємністю кузова або вантажопідйомністю автосамоскиду. У той же час потрібно не забувати про раціональне співвідношення місткості ковша екскаватора та ємності кузова обраного автосамоскида, яке за досвідом діючих підприємств складає 3-5. При іншому співвідношенні можливо слід прийняти модель автосамоскида з іншими параметрами.

Кількість ковшів, що вантажаться до автосамоскиду:

$$n_{k.v} = \frac{V_a \cdot k_{\varepsilon op.}}{E \cdot k_n} \text{ або } n_{k.q} = \frac{q_a \cdot k_p}{E \cdot k_n \cdot \rho_n} \quad (2.5.4), \quad n_{k.v} = \frac{41 \cdot 1.15}{8 \cdot 0.91} = 6, \quad n_{k.q} = \frac{110 \cdot 1.3}{8 \cdot 0.91 \cdot 3.4} = 5.5$$

де E - ємність ковша, м^3 ; k_p - коефіцієнт розпушення породи в ковші екскаватора; k_n - коефіцієнт наповнення ковша екскаватора; $k_{гор.} = 1,1 - 1,15$ - коефіцієнт, що враховує наповнення кузова автосамоскида з горою.

Розраховуємо n_k за обома умовами, округлюємо з точністю до 0,5 ковша та приймаємо менше з двох значень (яке задовольнятиме обом умовам).

Час руху автосамоскида визначається за формулою:

$$t_{пyx.} = T_{ван.} + T_{пор.} = 60 \left(\frac{L_{ван}}{v_{ван}} + \frac{L_{пор}}{v_{пор}} \right), \text{ хв.}, \quad (2.5.5)$$

$$t_{пyx.} = T_{ван.} + T_{пор.} = 60 \left(\frac{3.037}{12} + \frac{3.037}{20} \right) = 24, \text{ хв.}$$

де $T_{\text{ван}}, T_{\text{пор.}}$ – час руху автосамоскида відповідно з вантажем і без вантажу, хв; $L_{\text{ван}}, L_{\text{пор}}$ – довжина, відповідно, ділянок руху у вантажному та порожняковому напрямках, км. Для умов роботи вважатимемо, що усереднене значення $L_{\text{ван}} = L_{\text{пор}} = L_{\text{пп}} + 3$, км.

$v_{\text{ван}}, v_{\text{пор}}$ – швидкості руху автосамоскида на цих ділянках, км/год. Для умов роботи вважатимемо, що $v_{\text{ван}} = 12$ км/год; $v_{\text{пор}} = 20$ км/год.

Час розвантаження автосамоскида t_p включає час підйому кузова і час його опускання. Для автосамоскидів вантажопідйомністю до 40 тон він складає 60 секунд, при більшій вантажопідйомності – 70 – 90 секунд.

Час маневрів t_m при навантаженні автосамоскида залежить в основному від схеми під'їзду і знаходиться в межах 0-10, 20-25, 50-60 секунд відповідно до наскрізної, петльової та тупикової схеми.

Знаючи число автосамоскидів для обслуговування одного екскаватора, визначається число працюючих автосамоскидів для забезпечення роботи n -ї кількості екскаваторів за формулою:

$$N_{n.a.} = \sum_{i=1}^n N_i, \text{ шт.} \quad (2.5.6)$$

Число працюючих автосамоскидів можна також визначити за формулою:

$$N_{n.a.} = \frac{k_{\text{нер.}} \cdot W_{\text{доб}}}{P_{a.зм.} \cdot n_{зм.}}, \text{ шт.}, \quad (2.5.7)$$

$$N_{n.a.} = \frac{1.1 \cdot 1758,8}{1908.26 \cdot 2} = 1 \text{ шт.},$$

де $k_{\text{нер.}} = 1,1 - 1,15$ – коефіцієнт нерівномірності роботи; $W_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{кк.доб.}}}{\rho_{\text{кк}}} + \frac{Q_{\text{р.доб.}}}{\rho_p}$

(2.5.6) – добовий вантажообіг кар'єру, т; $Q_{a.зм.}$ – змінна експлуатаційна

продуктивність автосамоскида, т; $W_{\text{доб}} = \frac{3472}{3,2} + \frac{1954,02}{2,9} = 1758,8$

$$Q_{a.зм.} = q_a \cdot k_q \cdot \frac{T_{зм.}}{T_p} \cdot k_{в.а.}, m; \quad (2.5.7)$$

$$Q_{a.зм.} = 110 \cdot 0.95 \cdot \frac{12}{0.46} \cdot 0.7 = 1908.26, m$$

k_q – коефіцієнт використання вантажопідйомності автосамоскида

$$k_q = \frac{n_k}{n_{k.q}}; \quad (2.5.8)$$

$$k_q = \frac{121}{110} = 1.1$$

$T_{зм.}$ - тривалість зміни, година; T_p - час рейса, год;

$k_{в.а.} = 0,7 - 0,8$ – коефіцієнт використання автосамоскида в часі.

Частина автосамоскидів постійно знаходиться в ремонті і проходить технічне обслуговування, тому інвентарне число автосамоскидів складе:

$$N_{i.a.} = \frac{N_{p.a.}}{k_z}, \text{ шт,} \quad (2.5.9)$$

$$N_{i.a.} = \frac{1}{0.7} = 2, \text{ шт,}$$

де $k_z = 0,7 - 0,8$ – коефіцієнт технічної готовності парку.

Перепускна здатність автошляху (N) – це максимально можливе число автосамоскидів, що можуть пройти через визначену ділянку в одиницю часу. Вона залежить в основному від швидкості руху і кількості транспортних смуг. Під час руху автосамоскидів в одному напрямку годинна пропускна здатність автодороги складе:

$$N = \frac{60}{t_m} = \frac{1000 \cdot v}{k_{нер.} \cdot L_{без}}, \quad (2.5.10)$$

$$N = \frac{60}{t_m} = \frac{1000 \cdot 12}{0.5 \cdot 23.76} = 1010.10$$

де t_m - інтервал часу між машинами, хв; v - швидкість руху, км/годину; $L_{без}$ - безпечна відстань між автосамоскидами, м; $k_{нер.} = 0,5 - 0,8$ – коефіцієнт нерівномірності руху.

Якщо швидкість руху у вантажному та порожняковому напрямках відрізняється, потрібно визначати перепускну здатність окремо для кожного напрямку. Безпечна відстань між автосамоскидами складається з довжини гальмівного шляху і довжини автосамоскида і повинне бути не менш 50 м. На горизонтальних прямолінійних ділянках ця відстань визначається за формулою:

$$L = v + 0.04v^2 + 6, \text{ м.} \quad (2.5.11)$$

$$L = 12 + 0.04 \cdot 12^2 + 6 = 23.76, \text{ м}$$

Провізна здатність автошляху визначається за формулою:

$$M = N \cdot q_{\phi}, \text{ т/год,} \quad (2.5.12)$$

$$M = 1010 \cdot 10 \cdot 104.5 = 105\,555.45 \text{ т/год,}$$

де $q_{\phi} = q_a \cdot k_q$ – фактична маса вантажу, перевезеного автосамоскидом, т.
(2.5.13)

$$q_{\phi} = 110 \cdot 0.95 = 104.5 \text{ т.}$$

РОЗДІЛ 6. Відвалоутворення розкривних порід

При доставці розкривних порід на відвали автомобільним транспортом частіше за все використовують бульдозерні відвали.

Необхідна площа під відвал:

$$S_{\phi} = \frac{V_p \cdot K_{p.\phi}}{H_{\phi} \cdot K_{вик.\phi}}, \text{ м}^2, \quad (2.6.1)$$

$$S_{\phi} = \frac{7125000 \cdot 1.1}{20 \cdot 0.8} = 489\,843.75 \text{ м}^2,$$

Де V_p – об'єм розкривних порід, що підлягає розміщенню у відвал, м^3 ; $K_{p.\phi}$ – коефіцієнт залишкового розпушення породи у відвалі (1,1-1,3); H_{ϕ} – висота відвалу, м (для одного ярусу 10-20 м; для двох ярусів 20-40 м); $K_{вик.\phi}$ – коефіцієнт використання площі відвалу: при одному ярусі 0,8-0,9; при двох ярусах 0,6-0,7.

Кількість автосамоскидів, що одночасно розвантажуються:

$$N_a = \frac{Q_{p.год} \cdot K_{нер} \cdot t_{pm}}{60 \cdot V_a}, \text{ шт,} \quad (2.6.2)$$

$$N_a = \frac{813.3 \cdot 1.5 \cdot 2}{60 \cdot 52.38} = 1 \text{ шт,}$$

де $Q_{p.год}$ – годинна продуктивність кар'єру по розкривних породах,
 $Q_{p.год} = 7125000 / 365 \cdot 24 = 813.3 \text{ м}^3/\text{год}$;

$K_{нер}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи кар'єру (1,25-1,5); V_a – об'єм розкривної породи, що перевозить автосамоскид за один рейс, м^3 .

Довжина фронту розвантаження:

$$L_{\text{фр}} = N_{\text{а}} \cdot L_{\text{п}}, \text{ м}, \quad (2.6.3)$$

$$L_{\text{фр}} = 1 \cdot 20 = 20 \text{ м},$$

де $L_{\text{п}}$ – ширина фронту відвалу, що обслуговується одним автосамоскидом, м (18-20 м).

Довжина відвального фронту, який складається з ділянок розвантаження, бульдозерного планування та резерву:

$$L_{\text{фв}} = 3 \cdot L_{\text{фр}}, \text{ м}. \quad (2.6.4)$$

$$L_{\text{фв}} = 3 \cdot 20 = 60 \text{ м}.$$

Кількість бульдозерів, що обслуговує відвал:

$$n_{\text{Б}} = \frac{Q_{\text{р.зм}}}{Q_{\text{б.зм}}} \cdot k_{\text{рез.}}, \quad (2.6.5) \quad n_{\text{Б}} = \frac{9759,6}{900} \cdot 1,1 = 12 \text{ шт.}$$

де $Q_{\text{р.зм}}$ – обсяг розкриття, що вивозиться з кар'єру протягом зміни, м^3 ; $Q_{\text{б.зм}}$ – змінна продуктивність бульдозера, що працює на відвалі; $k_{\text{рез.}}$ – коефіцієнт резерву (1,1- 1,25).

Для бульдозерів потужністю 75–200 кВт $Q_{\text{б.зм}} = 800\text{--}1300 \text{ м}^3/\text{зміну}$.

РОЗДІЛ 7. Рекультивація земель, порушених гірничими роботами

Розширення видобування корисних копалин, особливо відкритим способом, призвело до утворення великих площ порушених земель. Порушення природних ландшафтів гірничорудної промисловості пов'язується з нанесенням навколишньому середовищу дуже великих втрат. Окремі кар'єри займають площі до 2,5—3 тис. га, їх глибина — до 100—200 м і більше. Внаслідок цього знищується рослинність, руйнується ґрунтовий покрив, знижується рівень підґрунтових вод, відбувається запилення водного і повітряного басейнів, втягуються в техногенний процес ландшафтоутворення, екологічно невластивих, а частіше біологічно шкідливих геохімічних елементів, які виносяться на поверхню в кількості, що набагато перевищує їх вміст у звичайному кругообігу. Встановлено, що порушені ділянки несприятливо впливають на територію, приблизно в 10 разів перевищують площу вогнищ безпосереднього порушення.

У багатьох випадках оброблені ділянки перетворюються в покинуті землі, а хаотична поверхня їх часто нагадує індустриальні пустелі.

Однією з умов успішної рекультивації земель є ґрунтування товщини знятого родючого шару ґрунту з ділянкою, що відводять під гірничі розробки. Рекомендується знімати найбільш родючу частину ґрунтового профілю товщиною 45—50 см південних і 55—60 см чорноземів звичайних. Технологію створення рекультивованих земель доцільно будувати так, щоб зібрану чорноземну масу безпосередньо вкладати на підготовлену (попередньо сплановану) поверхню промислових відвалів. У такому випадку рекомендується складати цю масу в окремі штабелі чи бурти висотою 5—15 мм. При тривалому зберіганні їх засівають багаторічними бобовими травами. Для відбудови ґрунтів рекомендована товщина ґрунтового шару 40—60 см як та, що забезпечує врожаї зернових культур на рівні непорушених земель. На рівень родючості насипного шару чорнозему впливають склад і властивості підстилаючих гірських порід, на які його кладуть. Найбільш сприятливими гірськими породами є лес, лесоподібні й червоно-бурі суглинки, піщаноглинисті відклади. Несприятливими є мергель, вапняки, крейда, скельні відклади тощо.

Для родовищ з неглибоким заляганням від поверхні корисних копалин (15—30 м) застосовують селективне двоярусне виймання і укладання порушеної гірничої маси, відповідно до якої несприятливі й малородючі відклади відсипають у нижню частину кар'єрів. Розроблено комплекс агротехнічних прийомів на рекультивованих землях. Рекомендовані два види польових сівозмін: парозернопросапні (чистий пар — озима пшениця — кукурудза на зерно — горох — озима пшениця, зайнятий пар або еспарцет — озима пшениця — кукурудза на силос — озима пшениця) і трав'яно-зернопросапні (ярі колосові з підсівом багаторічних трав — багаторічні трави — багаторічні трави — багаторічні трави — озима пшениця — кукурудза на зерно — горох — озима пшениця — соняшник).

Перший вид сівозмін впроваджують на рекультивованих землях з насипним шаром чорнозему глибокого 40—60 см, другий — на рекультивованих землях з

меншим шаром чорнозему і родючості насипної маси при підстиланні її нелесовими породами. На рекультивованих землях необхідно вносити на 20—30% більші норми органічних і мінеральних добрив, ніж поруч з ними розташованих староорних чорноземах. Перспективними для вирощування на рекультивованих землях виявилися лікарські рослини: ромашка аптечна, календула (нагідки) лікарська, безсмертник піщаний, звіробій простромленолистий, подорожник великий. На рекультивованих землях можна створювати садові агроценози з врожайністю сім'якових плодових культур 73—245 ц/га, кісточкових — 30—129 і ягідних — 20—45 ц/га. Для цього застосовують локальне внесення чорнозему в садивні ями (довжиною 1,4 м, шириною і глибиною 0,7 м) і траншеї (шириною і глибиною 0,7 м). Для поліпшення водного режиму ґрунту рекомендується влаштування водоупорів на глибині 100—120 см. Це сприяє додатковому нагромадженню 40—60 мм продуктивних запасів вологи. На залишеній частині порушених площ (25—30%), які являють собою останні гірські вироби і прилеглі до них схили, різні траншеї, відкоси зовнішніх і внутрішніх відвалів тощо, формуються біокісні системи іншого цільового призначення (без ґрунтового покриття). Це лісові насадження, кормові й мисливські угіддя, водойми, рекреаційні зони, будівельні та інші об'єкти.

3. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

3.1 Основні екологічні проблеми при відкритій розробці родовища корисної копалини

1. Загальна характеристика екологічної проблематики. Відкрита розробка Інгулецького залізорудного родовища, яке експлуатується глибоким кар'єром ПрАТ «ІнГЗК», супроводжується значним техногенним впливом на навколишнє природне середовище. Масштабність гірничих робіт, значні обсяги розкриву, використання буровибухових технологій та функціонування великого кар'єрного транспорту формують складний комплекс екологічних проблем. Для родовища характерні: значні площі порушених земель; великі обсяги розкривних порід; інтенсивне пилогазове забруднення; зміна гідрогеологічного режиму; накопичення промислових відходів; високий рівень шумового та вібраційного впливу. Екологічні проблеми мають комплексний характер та впливають на: атмосферне повітря; поверхневі й підземні води; земельні ресурси; геологічне середовище; рослинний і тваринний світ; умови проживання населення.

2. Порушення земельних ресурсів

2.1. Вилучення земель. Відкрита розробка Інгулецького родовища супроводжується значним вилученням земель під: кар'єр; зовнішні відвали; хвостосховища; транспортні комунікації; промислові майданчики. У результаті гірничих робіт відбувається: руйнування природного рельєфу; знищення ґрунтового покриву; деградація земель; формування техногенних ландшафтів.

Особливо гострою проблемою є: збільшення площ відвалів; накопичення розкривних порід; тривале вилучення земель із господарського використання.

2.2. Формування техногенних ландшафтів. Внаслідок багаторічної діяльності формуються: кар'єрні виїмки; зовнішні відвали; шламосховища; техногенні плато. Техногенні форми рельєфу змінюють: природний водний баланс; напрям поверхневого стоку; мікроклімат території.

3. Атмосферне забруднення

3.1. Пилovidілення. Однією з головних екологічних проблем є інтенсивне пилovidілення. Основними джерелами пилу є: бурові роботи; масові вибухи;

екскавація; дроблення порід; транспортування гірничої маси; ідвали та хвостосховища. Пил містить: кварцові частинки; оксиди заліза; мінеральні домішки. Поширення пилу посилюється: сухим кліматом; сильними вітрами; значною площею відкритих поверхонь.

3.2. Газові викиди. Основними джерелами газових викидів є: кар'єрний автотранспорт; вибухові роботи; дробильно-збагачувальне обладнання.

У повітря надходять: оксиди азоту; оксид вуглецю; діоксид сірки; продукти згоряння дизельного палива. Під час масових вибухів утворюються: пилогазові хмари; токсичні гази; аерозолі.

4. Вплив на водні ресурси

4.1. Зміна гідрогеологічного режиму. ВГР призводять до: зниження рівня підземних вод; осушення територій; зміни напрямків руху підземних вод; порушення природного водообміну. Постійний кар'єрний водовідлив формує: депресійні воронки; змін у водного балансу району.

4.2. Забруднення поверхневих і підземних вод. Основними джерелами забруднення є: кар'єрні стоки; дренажні води; хвостосховища; паливно-мастильні матеріали; пилові частинки. У водні об'єкти можуть надходити: завислі речовини; солі; важкі метали; нафтопродукти.

5. Відвали та хвостосховища

5.1. Проблема відвалоутворення. Інгулецьке родовище характеризується значними обсягами розкривних порід. Основними проблемами є: накопичення великих мас порід; зайняття значних площ; пиління відвалів; ерозійні процеси; нестійкість укосів. Зовнішні відвали є джерелами: пилового забруднення; порушення рельєфу; деградації ґрунтів.

5.2. Хвостосховища. У процесі збагачення руди утворюються великі обсяги хвостів. Хвостосховища створюють ризики: забруднення вод; пиління сухих пляжів; фільтрації забруднених вод; аварій дамб. Особливо небезпечними є: періоди посухи; сильні вітри; інтенсивні опади.

6. Геомеханічні та геодинамічні проблеми. Внаслідок відкритої розробки змінюється напружено-деформований стан масиву. Основними небезпечними

процесами є: осипання уступів; зсуви; деформації бортів кар'єру; просідання поверхні. Геодинамічні процеси посилюються: тріщинуватістю порід; водонасиченням; масовими вибухами; збільшенням глибини кар'єру.

7. *Шумовий та вібраційний вплив.* Джерелами шуму є: бурові установки; екскаватори; дробарки; автотранспорт; вибухові роботи. Рівень шуму у кар'єрі може перевищувати допустимі норми. Вибухові роботи викликають: сейсмічні коливання; вібраційний вплив на будівлі; деформації масиву.

8. *Вплив на біосферу.* Відкрита розробка негативно впливає на: рослинність; тваринний світ; ґрунтові екосистеми. Основними наслідками є: знищення природних біоценозів; скорочення площ зелених насаджень; погіршення умов існування тварин.

9. *Соціально-екологічні проблеми.* Гірничі роботи впливають на: умови проживання населення; стан атмосферного повітря; якість водних ресурсів; рівень техногенного навантаження. Найбільш актуальними проблемами є: пилове забруднення житлових районів; шум; транспортне навантаження; деградація ландшафтів.

10. *Шляхи зменшення екологічного впливу.* Для зниження негативного впливу застосовуються: пилопригнічення; системи зрошення доріг; рекультивація земель; озеленення відвалів; очищення стічних вод; геомеханічний моніторинг; екологічний контроль. Особливо перспективними є: внутрішнє відвалоутворення; комплексне використання розкривних порід; повторне використання техногенних відходів.

11. *Значення комплексного використання порід.* Комплексне використання розкривних порід дозволяє: зменшити площі зовнішніх відвалів; скоротити екологічне навантаження; знизити пиловиділення; зменшити обсяги відходів; підвищити економічну ефективність підприємства. Розкривні породи Інгuleцького родовища можуть використовуватись: для виробництва окремих видів щебеню; у дорожньому будівництві; для формування дамб обвалування хвостосховищ; при рекультивації порушених земель.

Відкрита розробка Інгулецького родовища супроводжується значним техногенним навантаженням на навколишнє середовище. Основними екологічними проблемами є: порушення земель; пилогазове забруднення; зміна гідрогеологічного режиму; накопичення відходів; шумовий і вібраційний вплив; деградація природних екосистем. Зменшення негативного впливу можливе шляхом: впровадження екологічно безпечних технологій; комплексного використання розкривних порід; рекультивації земель; оптимізації транспортних схем; розвитку циркулярної моделі гірничого виробництва. Комплексне використання порід є одним із найважливіших напрямів підвищення екологічної безпеки діяльності ПрАТ «ІнГЗК» та забезпечення сталого розвитку гірничодобувного регіону Кривбасу.

3.2 Технологічні заходи з охорони навколишнього середовища Інгулецького залізорудного родовища

1. Загальна характеристика природоохоронної діяльності. Розробка Інгулецького залізорудного родовища, яке експлуатується ПрАТ «ІнГЗК», супроводжується значним техногенним навантаженням на довкілля. У зв'язку з цим важливого значення набуває впровадження комплексу технологічних, організаційних та природоохоронних заходів, спрямованих на зниження негативного впливу ВГР на навколишнє середовище. Основними напрямками природоохоронної діяльності є: зменшення пилогазових викидів; охорона водних ресурсів; рекультивація порушених земель; зниження шумового та вібраційного впливу; раціональне використання розкривних порід; екологічний моніторинг; впровадження ресурсозберігаючих технологій. Сучасні екологічні вимоги передбачають перехід до принципів: сталого розвитку; циркулярної економіки; комплексного використання мінеральної сировини; мінімізації техногенних відходів.

2. Заходи щодо зниження пилового забруднення

2.1. Пилопригнічення на кар'єрних шляхах. Однією з головних екологічних проблем ВГР є пиловиділення. Для зменшення запиленості застосовуються: полив автомобільних доріг; використання пилопригнічувальних реагентів; зрошення перевантажувальних вузлів; очищення дорожнього полотна. Полив доріг дозволяє: знизити концентрацію пилу; покращити умови праці; зменшити зношування техніки.

2.2. Пилоподавлення при бурових роботах. Під час буріння свердловин використовуються: системи мокрого буріння; пиловловлювачі; аспіраційні установки. Це забезпечує: зниження концентрації пилу; покращення санітарних умов; зменшення поширення кварцового пилу.

2.3. Зниження пиління відвалів і хвостосховищ. Для боротьби з пилінням застосовуються: зрошення поверхонь; закріплення укосів; біологічна рекультивація; створення захисних зелених насаджень. На хвостосховищах використовуються: системи гідрозволоження; локалізація сухих пляжів; укріплення дамб.

3. Заходи щодо охорони атмосферного повітря

3.1. Скорочення газових викидів. Для зниження викидів від кар'єрного транспорту застосовуються: сучасні дизельні двигуни; контроль технічного стану техніки; оптимізація транспортних маршрутів; зменшення холостого пробігу. Важливим напрямом є: перехід на енергоефективну техніку; використання альтернативних джерел енергії.

3.2. Екологізація вибухових робіт. Для зменшення газових викидів при масових вибухах застосовуються: емульсійні вибухові речовини; оптимізація параметрів свердловин; поетапне підривання; короткосповільнене підривання. Це дозволяє: знизити утворення токсичних газів; зменшити пилогазову хмару; скоротити сейсмічний вплив.

4. Заходи щодо охорони водних ресурсів

4.1. Система водовідливу та дренажу. Для запобігання підтопленню кар'єру функціонують: насосні станції; дренажні свердловини; водозбірники;

системи поверхневого водовідведення. Основними завданнями є: відведення кар'єрних вод; забезпечення стійкості уступів; зменшення водонасичення масиву.

4.2. Очищення стічних вод. На підприємстві застосовуються: відстійники; механічне очищення; системи оборотного водопостачання. Очищення вод дозволяє: зменшити скидання забруднених стоків; скоротити споживання свіжої води; знизити навантаження на водні об'єкти.

4.3. Оборотно водопостачання. Важливим природоохоронним заходом є використання замкнених циклів водопостачання. Це забезпечує: повторне використання технічної води; економію водних ресурсів; зниження скидів у довкілля.

5. Рекультивація порушених земель

5.1. Технічна рекультивація. Після завершення гірничих робіт здійснюються: планування поверхні; формування укосів; засипка виробленого простору; стабілізація відвалів. Основною метою є: відновлення рельєфу; підготовка території до подальшого використання.

5.2. Біологічна рекультивація. Біологічна рекультивація включає: нанесення родючого шару; озеленення; висадку дерев і трав; створення захисних насаджень. Це сприяє: зменшенню пиління; відновленню екосистем; покращенню мікроклімату.

6. Раціональне використання розкривних порід

6.1. Комплексне використання порід. Одним із найбільш перспективних напрямів є комплексне використання розкривних порід. Породи Інгулецького родовища можуть застосовуватись: у дорожньому будівництві; для виробництва окремих видів щебеню; при спорудженні дамб хвостосховищ; для рекультивації; у внутрішньому відвалоутворенні. Це дозволяє: скоротити площі відвалів; зменшити обсяги відходів; підвищити економічну ефективність виробництва.

6.2. Внутрішнє відвалоутворення. Переміщення порід у вироблений простір кар'єру дозволяє: зменшити площі зовнішніх відвалів; скоротити транспортні витрати; знизити екологічне навантаження.

7. *Заходи щодо зниження шуму та вібрацій.* Для зниження шумового навантаження використовуються: шумопоглинаючі конструкції; технічне обслуговування обладнання; оптимізація режимів роботи техніки. Для зменшення сейсмічного впливу вибухів застосовуються: короткосповільнені вибухи; поетапне підривання; оптимізація маси зарядів.

8. *Геомеханічний та екологічний моніторинг.* На підприємстві проводиться постійний контроль: стану атмосферного повітря; якості вод; стійкості бортів кар'єру; деформацій масиву; рівня шуму та вібрацій. Для моніторингу застосовуються: геодезичні системи; лазерне сканування; автоматизовані датчики; цифрові моделі кар'єру.

9. *Енергозберігаючі та ресурсозберігаючі технології.* Сучасні тенденції розвитку гірничого виробництва передбачають: зниження енергоємності процесів; автоматизацію виробництва; цифровізацію управління; впровадження енергоефективної техніки. Це дозволяє: скоротити витрати палива; зменшити викиди CO₂; підвищити ефективність виробництва.

10. *Екологічна ефективність природоохоронних заходів.* Впровадження природоохоронних технологій забезпечує: зниження техногенного навантаження; покращення якості атмосферного повітря; скорочення площ порушених земель; зменшення обсягів відходів; підвищення рівня екологічної безпеки. Особливе значення має: повторне використання відходів; комплексне використання мінеральної сировини; мінімізація зовнішнього відвалоутворення.

Технологічні заходи з охорони навколишнього середовища на Інгулецькому родовищі спрямовані на зниження негативного впливу ВГР на довкілля. Основними напрямками природоохоронної діяльності є: боротьба з пилогазовими викидами; охорона водних ресурсів; рекультивація земель; раціональне використання розкривних порід; екологічний моніторинг; впровадження ресурсозберігаючих технологій. Найбільш перспективним напрямом є комплексне використання розкривних порід, що дозволяє: скоротити обсяги техногенних відходів; зменшити площі відвалів; підвищити екологічну безпеку; покращити економічні показники роботи ПрАТ «ІнГЗК». Реалізація сучасних

природоохоронних технологій є важливою умовою забезпечення сталого розвитку гірничодобувної промисловості Кривбасу.

3.3 Система протиаварійного захисту і безпеки праці на Інгулецькому залізорудному кар'єрі

1. Загальна характеристика системи охорони праці. ВГР на ПрАТ «ІнГЗК» характеризуються підвищеним рівнем виробничої небезпеки через: значні масштаби кар'єру; використання великогабаритної техніки; проведення масових вибухів; складні гірничо-геологічні умови; значну глибину ведення робіт. У зв'язку з цим на підприємстві функціонує комплексна система: охорони праці; промислової безпеки; протиаварійного захисту; виробничого контролю; технічного моніторингу. Основною метою системи є: запобігання аваріям; зниження виробничого травматизму; забезпечення безпечних умов праці; підтримання стабільної роботи підприємства.

2. Основні небезпечні фактори відкритих гірничих робіт

2.1. Гірничо-геологічні небезпеки. На Інгулецькому кар'єрі основними небезпечними факторами є: осипання уступів; зсуви бортів кар'єру; обвалення порід; падіння окремих брил; деформації масиву. Небезпека посилюється: значною глибиною кар'єру; тріщинуватістю порід; водонасиченням масиву; впливом вибухових робіт.

2.2. Технологічні небезпеки. Під час ведення відкритих робіт виникають ризики, пов'язані з: роботою бурових установок; вибуховими роботами; експлуатацією екскаваторів; рухом великовантажного транспорту; електрообладнанням. Основними небезпеками є: наїзд техніки; перекидання автосамоскидів; ураження електричним струмом; пожежі; механічні травми.

2.3. Санітарно-гігієнічні фактори. На працівників кар'єру впливають: пил; шум; вібрація; загазованість; несприятливі метеорологічні умови. Особливо небезпечним є: кварцовий пил; вихлопні гази дизельної техніки; шум від вибухових робіт.

3. Організація системи охорони праці

3.1. Служба охорони праці. На гірничозбагачувальному підприємстві функціонує спеціалізована служба охорони праці, основними завданнями якої є: контроль дотримання вимог безпеки; проведення інструктажів; організація навчання персоналу; аналіз причин травматизму; розробка профілактичних заходів.

3.2. Навчання та інструктажі. Працівники проходять: вступний інструктаж; первинний інструктаж; повторний інструктаж; позапланове навчання; перевірку знань з охорони праці. Особлива увага приділяється: працівникам вибухових робіт; машиністам великогабаритної техніки; електротехнічному персоналу.

4. Система протиаварійного захисту

4.1. Загальна характеристика. Система протиаварійного захисту включає: організаційні заходи; технічні системи контролю; аварійне оповіщення; плани ліквідації аварій; аварійно-рятувальні служби. Основними завданнями є: попередження аварій; локалізація небезпечних ситуацій; захист працівників; мінімізація наслідків аварій.

4.2. План ліквідації аварій. На кар'єрі розробляється спеціальний План ліквідації аварій (ПЛА), який містить: перелік можливих аварій; порядок дій персоналу; схеми евакуації; систему оповіщення; порядок взаємодії служб. План передбачає дії у випадках: обвалення бортів; пожеж; вибухів; затоплення; аварій на транспорті; відключення електроенергії.

5. Безпека буровибухових робіт

5.1. Організація вибухових робіт. Буровибухові роботи належать до найбільш небезпечних процесів відкритого видобутку. Безпека забезпечується шляхом: суворого дотримання паспортів буровибухових робіт; контролю заряджання свердловин; встановлення небезпечних зон; використання сучасних вибухових речовин.

5.2. Заходи безпеки при вибухах. Перед проведенням вибуху здійснюються: евакуація персоналу; перекриття транспортних шляхів; подача звукових

сигналів; контроль небезпечної зони. Після вибуху проводяться: огляд блоку; перевірка відсутності відмов зарядів; контроль стану уступів.

6. Безпека кар'єрного транспорту

6.1. Організація руху транспорту. На кар'єрі експлуатуються: великовантажні автосамокиди; бульдозери; навантажувачі; допоміжна техніка. Для забезпечення безпеки застосовуються: схеми руху транспорту; дорожня розмітка; системи диспетчерського контролю; обмеження швидкості.

6.2. Попередження транспортних аварій. Основними заходами є: регулярний технічний огляд техніки; контроль стану доріг; освітлення транспортних шляхів; облаштування захисних валів. Особлива увага приділяється: роботі на ухилах; руху у нічний час; зимовій експлуатації техніки.

7. Геомеханічний контроль і стійкість бортів кар'єру.

7.1. Моніторинг стану масиву. Для запобігання обваленням здійснюється: геодезичний контроль; маркшейдерські спостереження; лазерне сканування; моніторинг деформацій. Контролюються: зміщення уступів; тріщиноутворення; стан бортів кар'єру.

7.2. Заходи забезпечення стійкості. Для забезпечення стійкості застосовуються: оптимізація кутів укосу; дренаж масиву; контроль водонасичення; регулювання параметрів вибухів.

8. Протипожежний захист

8.1. Основні джерела пожежної небезпеки. Пожежна небезпека пов'язана з: паливно-мастильними матеріалами; електрообладнанням; дизельною технікою; зварювальними роботами.

8.2. Протипожежні заходи. На підприємстві застосовуються: пожежні резервуари; системи пожежогасіння; пожежні щити; автоматичні системи сигналізації. Працівники проходять: навчання пожежній безпеці; тренування з евакуації.

9. Засоби індивідуального захисту. Працівники забезпечуються: касками; респіраторами; захисними окулярами; спецодягом; засобами захисту слуху;

запобіжними поясами. Використання ЗІЗ є обов'язковим: у зоні бурових робіт; при вибухах; у запилених зонах; під час ремонтних робіт.

10. Автоматизація та цифрові системи безпеки. Сучасні кар'єри впроваджують: GPS-моніторинг техніки; системи диспетчеризації; автоматичний контроль параметрів роботи; відеоспостереження; цифрове моделювання кар'єру. Це дозволяє: оперативно реагувати на небезпечні ситуації; зменшити ризик аварій; підвищити безпеку персоналу.

11. Медико-санітарне забезпечення. На підприємстві організовано: медичний контроль працівників; передрейсові огляди; профілактичні медичні огляди; санітарно-побутове забезпечення. Особлива увага приділяється профілактиці професійних захворювань; контролю впливу пилу та шуму.

Система протиаварійного захисту та охорони праці на ПрАТ «ІнГЗК» є комплексом організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпечного ведення ВГР. Основними напрямками забезпечення безпеки є: контроль стійкості бортів кар'єру; безпечне проведення вибухових робіт; організація руху транспорту; протипожежний захист; використання засобів індивідуального захисту; автоматизація систем контролю. Впровадження сучасних технологій моніторингу, цифровізації та управління ризиками дозволяє: знизити рівень виробничого травматизму; попереджати аварійні ситуації; підвищити ефективність роботи підприємства; забезпечити стабільну та безпечну подальшу експлуатацію Інгuleцького залізорудного кар'єру.

3.4 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на ВГР

1. Загальна характеристика умов праці на ВГР. ВГР на ПрАТ «ІнГЗК» належать до виробництв із підвищеним рівнем небезпеки та характеризуються значним комплексом шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Їх виникнення пов'язане зі специфікою технологічних процесів, великою глибиною кар'єру, використанням потужної техніки та складними гірничо-геологічними умовами. На працівників кар'єру впливають: фізичні фактори; хімічні фактори; механічні небезпеки; психофізіологічні навантаження; кліматичні умови;

виробничі ризики. Основними джерелами небезпеки є: буровибухові роботи; екскавація та транспортування гірничої маси; рух великовантажного транспорту; електрообладнання; нестійкість бортів кар'єру.

2. Класифікація небезпечних і шкідливих факторів. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на відкритих гірничих роботах поділяються на:

2.1. Фізичні фактори. До них належать: шум; вібрація; пил; несприятливий мікроклімат; електромагнітні поля; недостатня освітленість; ультрафіолетове випромінювання.

2.2. Хімічні фактори. Основними хімічними небезпеками є: вихлопні гази дизельної техніки; пил кварцовмісних порід; оксиди азоту; оксид вуглецю; продукти вибуху.

2.3. Механічні фактори. До механічних небезпек належать: рухомі частини машин; падіння породи; обвалення уступів; транспортні аварії; падіння працівників з висоти.

2.4. Психофізіологічні фактори. На працівників впливають: нервово-емоційне напруження; фізичне перевантаження; монотонність роботи; підвищена відповідальність; втома при тривалих змінах.

3. Аналіз пилового фактору

3.1. Джерела пиловиділення. Одним із найбільш небезпечних факторів є виробничий пил. Основними джерелами пилу є: буріння свердловин; масові вибухи; навантаження породи; дроблення руди; рух автотранспорту; відвали та хвостосховища. Пил містить: кварц; оксиди заліза; мінеральні частинки.

3.2. Вплив пилу на організм. Найбільш небезпечним є дрібнодисперсний кварцовий пил. Тривалий вплив пилу може спричиняти: пневмокніоз; силікоз; хронічні захворювання легень; подразнення слизових оболонок; алергічні реакції. Особливо небезпечними є: бурові роботи; сухе дроблення; вибухові процеси.

4. Аналіз шуму та вібрації

4.1. Джерела шуму. Основними джерелами шуму є: бурові установки; екскаватори; дробарки; автосамоскиди; вибухові роботи. Рівень шуму у кар'єрі

може перевищувати: 85–100 дБ. *4.2. Вплив шуму на працівників.* Тривалий вплив шуму призводить до: зниження слуху; нервового виснаження; порушення сну; зниження уваги; підвищення ризику травматизму. *4.3. Вібраційний вплив.* Джерелами вібрації є: бурове обладнання; великовантажна техніка; вибухові роботи. Вібрація негативно впливає на: опорно-руховий апарат; нервову систему; серцево-судинну систему.

5. Аналіз газового забруднення

5.1. Джерела газових викидів. Основними джерелами є: дизельні двигуни; вибухові роботи; зварювальні процеси; робота допоміжної техніки. У повітря надходять: оксид вуглецю; оксиди азоту; сірчистий газ; вуглеводні.

5.2. Вплив газів на організм. Газові забруднення можуть викликати: кисневе голодування; головний біль; інтоксикацію; подразнення дихальних шляхів; зниження працездатності. Особливо небезпечними є: замкнені зони кар'єру; періоди після вибухів; безвітряна погода.

6. Аналіз небезпеки обвалень і зсувів. 6.1. Причини нестійкості бортів. Основними причинами є: тріщинуватість порід; водонасичення масиву; вплив вибухів; збільшення глибини кар'єру; порушення параметрів уступів. *6.2. Наслідки обвалень.* Обвалення можуть призводити до: загибелі працівників; пошкодження техніки; блокування транспортних шляхів; аварійних ситуацій. Особливо небезпечними є: зони тектонічних порушень; ділянки перезволоження; нестійкі уступи.

7. Аналіз транспортної небезпеки. 7.1. Особливості кар'єрного транспорту. На відкритих роботах експлуатуються: великовантажні автосамоскиди; бульдозери; навантажувачі; спеціальна техніка. Основними небезпеками є: перекидання техніки; зіткнення; наїзди; відмови гальмівних систем. *7.2. Причини транспортних аварій.* Найчастішими причинами є: перевищення швидкості; незадовільний стан доріг; недостатня видимість; помилки водіїв; складні погодні умови.

8. Аналіз небезпек буровибухових робіт. Буровибухові роботи є одними з найбільш небезпечних процесів. Основними небезпеками є: передчасний вибух;

відмова зарядів; розліт кусків породи; ударна хвиля; пилогазові хмари. Після вибухів виникають: загазованість; підвищена запиленість; порушення стійкості уступів.

9. *Електробезпека.* На кар'єрі використовується значна кількість електрообладнання: екскаватори; дробарки; насосні установки; освітлювальні системи. Основними небезпеками є: ураження електричним струмом; короткі замикання; пожежі; пошкодження кабелів.

10. *Вплив кліматичних умов.* Кліматичні фактори також є важливими виробничими ризиками. У літній період: перегрів працівників; пилові бурі; дефіцит води. У зимовий період: ожеледиця; обмерзання техніки; погіршення видимості; переохолодження.

11. *Психофізіологічні ризики.* Працівники кар'єру працюють в умовах: високої відповідальності; постійного шуму; напруженого режиму роботи; тривалих змін. Це може призводити до: професійного вигорання; перевтоми; зниження концентрації уваги; підвищення ризику помилок.

12. *Заходи щодо зниження небезпечних факторів.* Для мінімізації ризиків застосовуються: системи пилопригнічення; геомеханічний моніторинг; автоматизація гірничого виробництва; диспетчеризація транспорту; використання засобів індивідуального захисту; вентиляція та зрошення; медичний контроль персоналу.

13. *Значення комплексного управління ризиками.* Сучасна система безпеки на ПрАТ «ІнГЗК» базується на: прогнозуванні ризиків; цифровому моніторингу; автоматизованому контролі; профілактиці аварій; навчанні персоналу. Комплексний підхід дозволяє: знизити травматизм; підвищити безпеку робіт; покращити умови праці; забезпечити стабільну роботу підприємства.

ВГР на Інгuleцькому кар'єрі супроводжуються значною кількістю небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Основними з них є: пил; шум і вібрація; газове забруднення; транспортні ризики; небезпека обвалень; вибухові роботи; несприятливі кліматичні умови. Комплексне впровадження сучасних систем охорони праці, автоматизованого контролю та профілактичних заходів

дозволяє: мінімізувати виробничі ризики; забезпечити безпечні умови праці; підвищити ефективність ВГР на ПрАТ «ІнГЗК» при відновленні його діяльності.

3.5 Технічні та організаційні заходи безпеки на Інгулецькому кар'єрі

1. Загальна характеристика системи безпеки. Інгулецький кар'єр ПрАТ «ІнГЗК» належить до великих гірничодобувних підприємств із підвищеним рівнем виробничої небезпеки. Ведення відкритих гірничих робіт на значних глибинах, використання потужного технологічного обладнання, проведення масових вибухів та інтенсивний рух великовантажного транспорту потребують впровадження комплексної системи технічних і організаційних заходів безпеки. Основною метою системи безпеки є: запобігання аваріям; зниження рівня виробничого травматизму; забезпечення безпечних умов праці; стабільна та безперервна робота підприємства; мінімізація ризиків для працівників і техніки. Система безпеки включає: технічні заходи; організаційні заходи; систему контролю; аварійний захист; навчання персоналу; моніторинг виробничих процесів.

2. Технічні заходи безпеки

2.1. Забезпечення стійкості бортів кар'єру. Одним із головних напрямів безпеки є контроль стійкості уступів і бортів кар'єру. Для цього застосовуються: геомеханічний моніторинг; маркшейдерські спостереження; лазерне сканування; контроль тріщиноутворення; дренаж масиву. Основними заходами є: дотримання проектних кутів укосу; оптимізація висоти уступів; контроль водонасичення порід; своєчасне прибирання нестійких мас.

2.2. Безпека буровибухових робіт. Буровибухові роботи є одними з найбільш небезпечних процесів відкритого видобутку. Технічні заходи безпеки включають: використання сертифікованих вибухових речовин; механізоване заряджання свердловин; контроль параметрів буріння; застосування короткосповільненого підривання; дистанційне ініціювання вибуху. Для зменшення небезпеки розльоту породи застосовуються: оптимальні схеми підривання; контроль глибини свердловин; регулювання маси заряду.

2.3. Безпека кар'єрного транспорту. На Інгулецькому кар'єрі використовуються: великовантажні автосамоскиди; екскаватори; бульдозери; навантажувачі; допоміжна техніка. Основними технічними заходами є: системи GPS-контролю; відеоспостереження; контроль швидкісного режиму; автоматичне гальмування; системи попередження зіткнень. Для безпеки руху облаштовуються: захисні вали; дорожня розмітка; освітлення доріг; сигнальні знаки.

2.4. Електробезпека. Для забезпечення електробезпеки застосовуються: захисне заземлення; автоматичне відключення мереж; ізоляція кабелів; системи блокування; контроль стану електрообладнання. Особлива увага приділяється: екскаваторам; дробильним установкам; насосним станціям; пересувним електроустановкам.

2.5. Протипожежний захист. На підприємстві функціонує комплексна система пожежної безпеки. Вона включає: пожежні резервуари; системи пожежогасіння; автоматичну сигналізацію; пожежні щити; аварійне оповіщення. На кар'єрній техніці встановлюються: вогнегасники; автоматичні системи пожежогасіння; датчики температури.

3. Заходи щодо зниження впливу шкідливих факторів. *3.1. Пилопригнічення.* Для боротьби із запиленістю застосовуються: полив кар'єрних доріг (бішофітом); системи зрошення; мокре буріння; пиловловлювачі; аспіраційні системи. Особлива увага приділяється: буровим роботам; дробильним установкам; транспортним шляхам. *3.2. Захист від шуму та вібрації.* Для зниження шумового впливу використовуються: шумоізоляційні кабінки; технічне обслуговування обладнання; антивібраційні системи; засоби індивідуального захисту слуху. *3.3. Газовий контроль.* Для зменшення загазованості здійснюється: контроль вихлопних газів; провітрювання робочих зон; використання сучасних двигунів; екологічний моніторинг атмосфери.

4. Організаційні заходи безпеки

4.1. Організація служби охорони праці. На гірничозбагачувальними підприємстві діє служба охорони праці, яка: контролює виконання вимог

безпеки; проводить перевірки; організовує навчання; аналізує аварійність і травматизм. 4.2. Інструктажі та навчання персоналу. Працівники проходять: вступний інструктаж; первинний інструктаж; повторний інструктаж; позапланове навчання; перевірку знань. Особливо жорсткі вимоги встановлюються для: вибуховиків; машиністів техніки; електротехнічного персоналу; працівників ремонтних служб. 4.3. Медичний контроль. Для працівників організовуються: попередні медичні огляди; періодичні медогляди; передрейсовий контроль; профілактика професійних захворювань. Контролюється: стан органів дихання; слух; нервова система; серцево-судинна система.

5. Організація безпечного ведення робіт. 5.1. Регламент виконання робіт. На підприємстві впроваджуються: технологічні регламенти; паспорти робіт; наряди-допуски; графіки технічного обслуговування. Без дозволу відповідальних осіб забороняється: проведення вибухових робіт; ремонт електрообладнання; робота у небезпечних зонах. *5.2. Контроль виробничої дисципліни.* Для забезпечення безпеки контролюються: дотримання трудової дисципліни; використання ЗІЗ; технічний стан обладнання; виконання вимог інструкцій.

6. Система аварійного реагування. 6.1. План ліквідації аварій. На Інгuleцькому кар'єрі розробляється План ліквідації аварій (ПЛА), який містить: схеми евакуації; порядок дій персоналу; систему оповіщення; взаємодію аварійних служб. План передбачає дії у разі: обвалення уступів; пожеж; транспортних аварій; вибухів; затоплення кар'єру. *6.2. Аварійно-рятувальні заходи.* На підприємстві функціонують: аварійні бригади; пожежні формування; медичні служби; системи оперативного зв'язку. Регулярно проводяться тренування; навчальні евакуації; перевірки готовності персоналу.

7. Автоматизація та цифрові технології безпеки. Сучасні технології дозволяють: контролювати рух техніки; відстежувати стан бортів кар'єру; контролювати параметри обладнання; прогнозувати аварійні ситуації. На гірничозбагачувальному підприємстві впроваджуються: автоматизовані

диспетчерські системи; GPS-моніторинг; системи відеонагляду; цифрові геомеханічні моделі.

8. *Роль засобів індивідуального захисту.* Працівники забезпечуються: касками; респіраторами; спецодягом; захисним взуттям; окулярами; навушниками; страхувальними поясами. Використання ЗІЗ є обов'язковою умовою допуску до робіт.

9. *Значення системи управління ризиками.* Сучасний підхід до безпеки базується на: оцінці ризиків; профілактиці небезпек; цифровому контролю; постійному моніторингу. Комплексна система безпеки дозволяє: мінімізувати аварійність; знизити виробничий травматизм; підвищити надійність техніки; забезпечити стабільність виробництва.

Технічні та організаційні заходи безпеки на Інгулецькому кар'єрі є важливою складовою ефективного та безпечного ведення ВГР. Основними напрямками забезпечення безпеки є: контроль стійкості бортів; безпечне проведення вибухових робіт; організація руху транспорту; електро- та пожежна безпека; зниження впливу пилу, шуму та вібрації; автоматизація контролю виробничих процесів. Впровадження сучасних систем управління ризиками, цифрових технологій та постійного виробничого контролю дозволяє: підвищити рівень промислової безпеки; зменшити аварійність; забезпечити безпечні умови праці при відновленні функціонування ПрАТ «ІнГЗК».

3.6 Пожежна безпека і заходи цивільного захисту на Інгулецькому кар'єрі

1. *Загальна характеристика системи пожежної безпеки та цивільного захисту.* На ВГР ПрАТ «ІнГЗК» система пожежної безпеки та цивільного захисту є невід'ємною складовою загальної системи промислової безпеки. Її функціонування обумовлене наявністю великої кількості техніки, використанням паливно-мастильних матеріалів, вибухових речовин, електрообладнання та складних технологічних процесів. Основною метою є: запобігання пожежам і аваріям; мінімізація наслідків надзвичайних ситуацій; захист життя і здоров'я

працівників; збереження матеріальних ресурсів; забезпечення стійкої роботи підприємства. Система включає: технічні засоби пожежогасіння; організаційні заходи; систему оповіщення; аварійно-рятувальні підрозділи; заходи цивільного захисту; навчання персоналу.

2. *Основні джерела пожежної небезпеки.* 2.1. *Виробничі джерела займання.* На Інгулецькому кар'єрі основними джерелами пожежної небезпеки є: кар'єрна техніка з дизельними двигунами; паливно-мастильні матеріали; електроустановки; зварювальні та ремонтні роботи; нагрівання вузлів машин; короткі замикання. 2.2. *Небезпека вибухових матеріалів.* Особливу небезпеку становлять: вибухові речовини; засоби ініціювання; зберігання та транспортування ВР. Пожежа або нагрів вибухових матеріалів може призвести до: детонації; масштабних руйнувань; значних людських втрат. 2.3. *Пожежна небезпека на складах і базах.* Підвищена небезпека існує на: складах ПММ; ремонтних майстернях; електропідстанціях; пунктах заправки техніки.

3. *Технічні заходи пожежної безпеки.* 3.1. *Системи пожежогасіння.* На об'єктах підприємства застосовуються: водяні системи пожежогасіння; пінні установки; порошкові вогнегасники; автоматичні системи локалізації пожеж. Кар'єрна техніка оснащується: переносними вогнегасниками; системами автоматичного пожежогасіння моторних відсіків.

3.2. *Системи пожежної сигналізації.* Використовуються: автоматичні датчики диму; теплові датчики; системи оповіщення персоналу; радіозв'язок для аварійних повідомлень.

3.3. *Протипожежне водопостачання.* На підприємстві функціонують: пожежні резервуари; насосні станції; водопровідні мережі; водозабірні пункти. Це забезпечує: оперативне гасіння пожеж; подачу води до аварійних зон.

4. *Організаційні заходи пожежної безпеки.* 4.1. *Протипожежний режим.* На підприємстві встановлюється: заборона відкритого вогню у небезпечних зонах; контроль куріння; регламент зварювальних робіт; порядок зберігання ПММ. 4.2. *Інструктажі та навчання.* Працівники проходять: інструктаж з пожежної безпеки; навчання діям при пожежі; тренування з евакуації; перевірку

знань. Особлива увага приділяється: машиністам техніки; працівникам складів; ремонтним службам.

4.3. Пожежно-технічні перевірки. Регулярно проводяться: огляди обладнання; перевірка вогнегасників; контроль стану електромереж; аудит пожежної безпеки.

5. Система цивільного захисту. 5.1. Загальна характеристика. Цивільний захист на кар'єрі спрямований на: захист працівників у надзвичайних ситуаціях; організацію евакуації; ліквідацію наслідків аварій; мінімізацію ризиків для персоналу. *5.2. План реагування на надзвичайні ситуації.* На підприємстві розробляється План цивільного захисту, який передбачає дії у випадках: пожеж; вибухів; обвалів; затоплення кар'єру; техногенних аварій; викидів небезпечних речовин. План включає: маршрути евакуації; пункти збору персоналу; систему оповіщення; відповідальних осіб. *5.3. Система оповіщення.* Для оперативного інформування застосовуються: сирени; гучномовці; радіозв'язок; мобільні системи повідомлень; диспетчерські пункти.

6. Аварійно-рятувальні служби. На підприємстві функціонують: добровільні пожежні дружини; аварійно-рятувальні підрозділи; медичні служби; технічні аварійні бригади. Основні завдання: ліквідація пожеж; евакуація працівників; локалізація аварій; надання першої допомоги.

7. Засоби індивідуального захисту при пожежах і НС. Працівники забезпечуються: протигазами; респіраторами; термостійким одягом; захисними рукавицями; касками; сигнальними жилетами. ЗІЗ використовуються: при ліквідації пожеж; у задимлених зонах; під час евакуації.

8. Евакуаційні заходи. 8.1. Організація евакуації. Евакуація здійснюється: за заздалегідь визначеними маршрутами; під керівництвом відповідальних осіб; із використанням транспортних засобів. *8.2. Пункти збору.* На території кар'єру визначені: безпечні майданчики; збірні пункти персоналу; контрольні точки обліку працівників.

9. *Взаємодія з державними службами.* У разі надзвичайних ситуацій підприємство взаємодіє з: ДСНС України; медичними службами; місцевими органами влади; аварійно-рятувальними формуваннями.

10. *Цифрові технології у пожежній безпеці.* Сучасні системи включають: автоматичний моніторинг температури; відеоспостереження; датчики задимлення; GPS-контроль техніки; централізовані диспетчерські системи. Це дозволяє: швидко виявляти загрози; оперативно реагувати; зменшувати масштаби аварій.

11. *Значення пожежної безпеки та цивільного захисту.* Комплексна система пожежної безпеки та цивільного захисту забезпечує: зниження ризику аварій; збереження життя працівників; захист техніки та інфраструктури; стабільність виробничого процесу. Для ПрАТ «ІнГЗК» це є ключовим елементом подальшого сталого функціонування підприємства.

Система пожежної безпеки та цивільного захисту на Інгулецькому кар'єрі є багаторівневою та комплексною. Вона включає: технічні засоби пожежогасіння; системи сигналізації та оповіщення; організаційні заходи; аварійно-рятувальні служби; заходи цивільного захисту; цифрові системи моніторингу. Реалізація цих заходів дозволяє: забезпечити високий рівень безпеки; мінімізувати наслідки надзвичайних ситуацій; підвищити надійність роботи гірничого підприємства після відновлення його функціонування; захистити персонал і виробничі об'єкти.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи проведено комплексний аналіз умов розробки крутоспадного залізорудного родовища, яке експлуатувалось до липня 2024 року Інгулецьким кар'єром ПрАТ «ІнГЗК» та досліджено можливості ефективного використання розкривних порід у технологічному циклі гірничого виробництва. Узагальнення сучасних науково-технічних підходів за 2022–2026 роки дозволило сформулювати наступні основні висновки.

1. Гірничо-геологічні та технологічні умови розробки залізорудного родовища. Встановлено, що Інгулецьке родовище характеризується крутоспадним заляганням рудних тіл ($50\text{--}70^\circ$ і більше); значною мінливістю потужності та складною текстурно-структурною характеристикою залізистих кварцитів (7 різновидів); великою глибиною кар'єрної розробки; значними обсягами розкривних порід; складними гідрогеологічними умовами. Ці фактори зумовлюють: високу трудомісткість ВГР; збільшення обсягів транспортування гірничої маси; необхідність застосування багатоступеневих технологічних схем розробки родовища корисних копалин.

2. В основній частини раціональним способом розкриття для умов, що розглядаються в кваліфікаційній бакалаврській роботі при розрахунку технологічних параметрів умовного кар'єру, пропонується вважати: *розкриття загальними внутрішніми капітальними траншеями, стаціонарно розташованими на неробочому борті кар'єру та орієнтованими вздовж простягання родовища*. Для умов даної роботи, зважаючи на те, що умовний кар'єр має достатньо велику глибину, пропонується прийняти *поглиблювальну транспортну систему розробки родовища з використанням автомобільного транспорту*.

3. Стан проблеми комплексного використання порід. Аналіз сучасних джерел (2022–2026 рр.) показав, що у практиці гірничодобувних підприємств України та Кривбасу зберігається проблема: накопичення великих обсягів

розкривних порід у відвалах; низького рівня промислового повторного використання мінеральної сировини техногенних родовищ (хвостосховищ, відвалів); значного екологічного навантаження на території. Для ПрАТ «ІнГЗК» це проявляється у: формуванні зовнішніх відвалів великої площі; втраті потенційної мінеральної сировини; збільшенні витрат на транспортування і складування гірничої маси.

4. Екологічні та техногенні наслідки традиційної системи відвалоутворення. Встановлено, що традиційна схема зовнішнього відвалоутворення призводить до: значного порушення земельних ресурсів; пилового забруднення атмосфери; зміни гідрогеологічного режиму; деградації ландшафтів; підвищення техногенного навантаження на Криворізький регіон. Особливо негативним є: тривале вилучення земель із господарського обігу; низька швидкість рекультивації порушених територій.

5. Технологічні передумови для комплексного використання порід. Дослідження показало, що гірничо-технічні умови Інгuleцького кар'єру створюють реальні передумови для впровадження комплексного використання розкривних порід, зокрема: використання скельних порід як потенційної будівельної сировини; виробництво окремих видів щебеню та щебенево-піщаних сумішей; застосування порід у дорожньому будівництві та підсипки кар'єрних автошляхів; використання у дамбобудуванні та рекультивації; часткове внутрішнє відвалоутворення.

6. Ефективність внутрішнього відвалоутворення. Встановлено, що впровадження внутрішнього відвалоутворення дозволяє: зменшити площі зовнішніх відвалів; скоротити транспортні витрати; знизити витрати на переміщення гірничої маси; зменшити екологічний вплив на довкілля; підвищити безпеку гірничих робіт.

7. Економічна доцільність комплексного використання порід. Комплексне використання розкривних порід забезпечує: додаткове потенційне джерело сировини для будівельної галузі; зниження собівартості гірничих робіт; зменшення витрат на відвалоутворення; підвищення загальної ефективності

виробництва. Таким чином, розкривні породи розглядаються не як відходи, а як вторинна мінеральна сировина для подальшого застосування в технологічному процесі.

8. Екологічні переваги запропонованого підходу. Запровадження комплексного використання порід дозволяє: зменшити площі порушених земель; скоротити обсяги відходів гірничого виробництва; знизити пилове навантаження; покращити стан атмосферного повітря; підвищити ефективність рекультивації.

9. Системний підхід до сталого розвитку гірничих робіт. Проведене дослідження показало, що сучасний розвиток гірничої промисловості базується на принципах: ресурсоефективності; циркулярної економіки; мінімізації відходів; екологічної безпеки; комплексного використання мінеральної сировини. Для ПрАТ «ІнГЗК» це є ключовим напрямом підвищення конкурентоспроможності у разі відновлення виробничо-господарської діяльності.

Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища. Проаналізовано основні екологічні проблеми кар'єру та запропоновано комплекс технологічних та організаційних заходів: пилопригнічення, водоочищення, рекультивація відвалів, озеленення територій. Систематизовано заходи щодо охорони повітря, водних ресурсів, ґрунтів і рослинності, що дозволяє мінімізувати негативний вплив гірничого виробництва на довкілля.

Безпека праці та протиаварійний захист. Розроблена комплексна система протиаварійного захисту та заходів безпеки праці, яка включає технічні засоби контролю, організаційні інструкції, регламентування робочого часу, навчання персоналу та використання ЗІЗ. Впровадження запропонованих заходів підвищує рівень безпеки при виконанні розкривних, буропідбивних та транспортних операцій.

Пожежна безпека та цивільний захист. Визначені потенційні пожежонебезпечні та аварійні ділянки кар'єру, розроблені плани локалізації пожеж і дій при надзвичайних ситуаціях. Запропоновані організаційні та технічні заходи цивільного захисту забезпечують готовність персоналу до аварійних

ситуацій та мінімізацію їх наслідків.

У результаті виконаного дослідження встановлено, що комплексне використання розкривних порід при подальшій розробці крутоспадного залізорудного родовища є ефективним та перспективним напрямом удосконалення гірничого виробництва. Після 2022 року до липня 2024 комбінат працював практично на мінімальному освоєнні проектної потужності з видобутку сирової руди, тому при відновленні його функціонування з урахуванням забезпечення поліпшення *комплексного використання порід при подальшій розробці залізорудного родовища* доцільно здійснити першочергові проритетні технологічні заходи з реконструкції Інгулецького кар'єру, які раніше рекомендовані у 2022 році, але так і не були реалізовані та впроваджені внаслідок тривалої зупинки виробничо-господарської діяльності. Реалізація запропонованих підходів дозволяє одночасно: підвищити економічну ефективність видобутку корисної копалини; зменшити екологічне навантаження; оптимізувати технологічні процеси в кар'єрі; покращити умови безпеки праці.

Отже, впровадження комплексного використання порід є важливим елементом сталого розвитку гірничодобувної галузі Криворізького залізорудного басейну та стратегічним напрямом розвитку ПрАТ «ІнГЗК» у 2022–2024 роках і на найближчу перспективу у разі прийняття відповідного рішення про відновлення функціонування комбінату.

Список використаних джерел

1. Офіційний сайт ТОВ “Метінвест Холдінг”
<https://ingok.metinvestholding.com/uk-ua/about-us/shareholders-info/before-01012024/> (дата звернення 04.05.2026)
2. Giurco D. et al. Circular economy in mining // *Resources, Conservation & Recycling*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105405>
3. Principles for a sustainable circular economy. APM Velenturf, P Purnell. *Sustainable Production and Consumption* 27, 1437-1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>
4. Increasing mine waste will induce land cover change that results in ecological degradation and human displacement. John R. Owen, Deann Kemp, Alex M. Lechner, Michelle Ang Li Ern Éléonore Lèbre, Gavin M. Mudd, Mark G. Macklin, Muhamad Risqi U. Saputra, Tahjudil Witra, Anthony Bebbington. *Journal of Environmental Management* Volume 351, February 2024, 119691. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119691>.
5. Citation: Liu, W.; Sheng, G.; Kang, X.; Yang, M.; Li, D.; Wu, S. Slope Stability Analysis of Open-Pit Mine Considering Weathering Effects. *Appl. Sci.* 2024, 14, 8449. <https://doi.org/10.3390/app14188449>.
6. Rezaei, M.; Seyed, S.Z. Mousavi, Slope stability analysis of an open pit mine with considering the weathering agent: Field, laboratory and numerical studies. *Eng. Geol.* 2024, 333, 107503.
7. Dilnawaz Kaur. The impact of autonomous vehicles on mining operations: Enhancing safety and productivity through technological advancements. *Equinox Issue*. 2022.
8. Garikapati, D., & Shetiya, S. S. (2024). Autonomous vehicles: Evolution of artificial intelligence and learning algorithms (Version 2). ArXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.17690>

9. Shouki A. Ebad*, Aws I. Abueid, Marwa Amara and Rabie Ahmed *Technologies*. **2026**, *14*(5), 269; <https://doi.org/10.3390/technologies14050269>. This article belongs to the Special Issue Emerging Technologies and Intelligent Systems for Sustainable Development

10. Rosati, R.; Romeo, L.; Cecchini, G.; Tonetto, F.; Viti, P.; Mancini, A.; Frontoni, E. From knowledge-based to big data analytic model: A novel IoT and machine learning based decision support system for predictive maintenance in Industry 4.0. *J. Intell. Manuf.* **2023**, *34*, 107–121.

11. Gunckel, P.; Lobos, G.; Rodriguez, F.; Bustos, R.; Godoy, D. Methodology proposal for the development of failure prediction models applied to conveyor belts of mining material using machine learning. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* **2025**, *256*, 110709.

12. Singh, S. Machine learning: Approaches to predicting reliability and developing maintenance strategies. *Mater. Res. Proc.* **2023**, *27*, 308.

13. Rafezi, H.; Hassani, F. Drill bit wear monitoring and failure prediction for mining automation. *Int. J. Min. Sci. Technol.* **2023**, *33*, 289–296.

14. Laayati, O.; El Hadraoui, H.; El Maghraoui, A.; Guennouni, N.; Mekhfioui, M.; Chebak, A. Metaheuristic-optimized forecasting in a smart Edge—Fog—Cloud energy management framework: An industrial mining case study. *Results Eng.* **2025**, *27*, 107303.

15. El Bazi, N.; Mabrouki, M.; Laayati, O.; Ouhabi, N.; El Hadraoui, H.; Hammouch, F.-E.; Chebak, A. Generic Multi-Layered Digital-Twin-Framework-Enabled Asset Lifecycle Management for the Sustainable Mining Industry. *Sustainability* **2023**, *15*, 3470.

16. Kurt, A.; Kahraman, M.M. From Reactive to Resilient: A Hybrid Digital Twin and Deep Learning Framework for Mining Operational Reliability. *Mining* **2026**, *6*, 7.

17. Qu, J.; Kizil, M.S.; Yahyaei, M.; Knights, P.F. Digital twins in the minerals industry: A comprehensive review. *Min. Technol.* **2023**, *132*, 267–289.

18. Nobahar, P.; Xu, C.; Dowd, P.; Shirani Faradonbeh, R. Exploring digital twin systems in mining operations: A review. *Green Smart Min. Eng.* **2024**, *1*, 474–492.

19. Yusupbekov, N.; Adilov, F.; Ivanyan, A.; Abdurasulov, F. Application of digital twin technologies in mining industrial branch. *E3S Web Conf.* **2023**, *417*, 05016.
20. Hazrathosseini, A.; Moradi Afrapoli, A. The advent of digital twins in surface mining: Its time has finally arrived. *Resour. Policy* **2023**, *80*, 103155.
21. Ali, M.A.; Mohammed Ali, M.I.; Osman, A.A. AI-driven Mining 4.0: A Systematic Review of Smart, Sustainable, and Autonomous Technologies across the Mining Lifecycle. *Curr. J. Appl. Sci. Technol.* **2025**, *44*, 125–139.
22. Rojas, L.; Peña, A.; Garcia, J. AI-Driven Predictive Maintenance in Mining: A Systematic Literature Review on Fault Detection, Digital Twins, and Intelligent Asset Management. *Appl. Sci.* **2025**, *15*, 3337.
23. Don, M.G.; Wanasinghe, T.R.; Gosine, R.G.; Warrian, P.J. Digital Twins and Enabling Technology Applications in Mining: Research Trends, Opportunities, and Challenges. *IEEE Access.* **2025**, *13*, 6945–6963
24. World Economic Forum. Digital Twins Can Boost Mining Output and Support The Energy Transition. Available online <https://www.weforum.org/stories/2023/06/digital-twins-mining-energy-transition/> (accessed on 23 March 2026).
25. S.A. Northey, S. Klose, S. Pauliuk, M. Yellishetty, D. Giurco Primary Exploration, Mining and Metal Supply Scenario (PEMMSS) model: Towards a stochastic understanding of the mineral discovery, mine development and co-product recovery requirements to meet demand in a low-carbon future. *Resources, Conservation & Recycling Advances* Volume 17, May 2023, 200137. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200137>
26. V. Panchenko, B. Sobko, V. Lotous, D. Vinivitin, V. Shabatura. (2021). Openwork scheduling for steep-grade iron-ore deposits with the help of near-vertical layers. *Mining of Mineral Deposits*, 15(1), 87-95. <https://doi.org/10.33271/mining15.01.087>
27. Григор'єв І.Є., Луценко С.О., Григор'єв Ю.І., Ткачук Є.О., Гора М.О. Вивчення впливу типорозміру екскаватору на межі відкритих гірничих робіт //

Збірник наукових праць НГУ. 2020. №63. С. 26–36. DOI: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/63.026>

28. Жуков С.О., Григор'єв Ю.І., Луценко С.О. Аналіз технологічних підходів і досвіду відпрацювання хвостосховищ Кривбасу // *Збірник наукових праць НГУ.* 2022. №71. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/71.053>

29. Григор'єв Ю.І., Луценко С.О., Швець Є.М., Куроп'ятник І.П. Динамічне проектування техніко-економічних показників відкритих гірничих робіт за допомогою нейромережових технологій // *Збірник наукових праць НГУ.* 2024. №76. – С. 33–41. DOI: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/76.033>

30. Григор'єв, Ю. І., Григор'єв, І. Є., Слюсар, С. В., & Власенко, В. А. (2023). Цифровізація як інструмент адаптації гірничого виробництва у невизначеному динамічному середовищі (на прикладі впровадження K-MINE). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*, 2(2(102)).

31. Kuniyska M. (2024). Opportunities and advantages of GIS for building three-dimensional models in mining. *Mining Journal of Kryvyi Rih National University*, 58(2), 10–20. vol. 58(2). DOI: 10.31721/2306-5435-2024-2-10-20.

32. Kuniyska M., Piskun I., Kotenko B., Kryvoruchko A. (2024). Digital modelling technologies in the mining industry: Effectiveness and prospects of digitalisation of open-pit mining enterprises. *Bulletin of Chernihiv State Technological University*, 29(1). DOI: 10.62660/bcstu/1.2024.52

33. Адамчук А.А., Шустов О.О. Системний підхід до вибору нових засобів транспорту для роботи на глибоких кар'єрах // *Збірник наукових праць НГУ.* 2018. №54. С. 8–18.

34. Пижик, А.М., Пижик, М.М., Пашкова, І.О., Пижик, С.А. (2023). Організація та технологія перевезення гірських порід у виробленому просторі кар'єру. *Вісник Криворізького національного університету*, 57, 77–80.

35. Гірничий закон України від 6 жовтня 1999 року N 1127-XIV.

36. Кодекс України про надра від 27 липня 1994 року N 132/94-ВР.

37. Про затвердження Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18.03.2010 р. № 61.

38. Про затвердження Положення про проектування гірничодобувних підприємств України та визначення запасів корисних копалин за ступенем підготовленості до видобування. Мінпром політики України. Наказ № 1 від 07.05.2004 р.

39. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електроустаткування та електромереж на відкритих гірничих роботах. Наказ міністерства надзвичайних ситуацій України від 05.04.2012. № 67.

40. Собко, Б. Ю., Пчолкін, С. Д. Технологія відкритої розробки родовищ : навч. посіб. / Т. 1–2. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Т. 1 : Розкриття родовищ. 256 с. Т. 2 : Системи відкритої розробки родовищ. 288 с.

41. Дриженко А.Ю. Кар'єрні технологічні гірничо-транспортні системи: моногр. Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. 542 с.

42. Собко, Б. Ю., Панченко В. В. Організація і планування відкритих гірничих робіт: навч. посіб. / Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. 312с.

ДОДАТОК А

**Перелік вихідних даних для розрахунку технологічних параметрів умовного кар'єру
основної (спеціальної) частини КБР**

Варіанти 1-10

№ з/п	Вихідні дані	Варіант									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$m_n, \text{М}$	300	220	330	350	400	360	315	365	255	325
2	$L, \text{М}$	1800	1910	2000	1700	1670	1940	1850	1720	1960	1780
3	$\alpha, ^\circ$	65	70	75	80	85	75	65	60	75	85
4	$h, \text{М}$	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
5	$X_{\text{М}}$	+15	+25	+10	± 0	+25	+45	+15	+5	+10	+40
6	$\rho_{\text{СК}}, \text{Т/М}^3$	2.8	2.9	3	2.7	2.9	2.9	3	2.7	2.9	2.9
7	$\rho_{\text{КК}}, \text{Т/М}^3$	3.4	3.3	3.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3	3.2	3.3
8	$f_{\text{СК}}$	14	14	12	11	13	12	10	12	11	12
9	$f_{\text{КК}}$	15	14	14	15	15	16	14	16	14	14
10	$\beta_n, ^\circ$	40	42	37	38	39	41	40	42	37	38
11	$K_{\text{сп}}$	3	5.3	5.2	6.2	4.1	3.7	4.8	3.7	6.6	3.6
12	$\alpha_y, ^\circ$	70									
13	$K_n, \%$	5	3	5	3	4	5	3	4	5	4
14	$A_{\text{КК}}$	3	2	4	3	4	5	3	4	3	3
15	$i_K, \%$	70	75	72	74	78	80	75	72	74	78

Варіанти 11-20

№ з/п	Вихідні дані	Варіант									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	$m_n, \text{М}$	280	330	285	390	305	350	290	270	360	285
2	$L, \text{М}$	1950	1530	1920	1850	1750	1600	2200	1890	1390	1830
3	$\alpha, ^\circ$	65	70	75	80	85	75	65	60	75	85
4	$h, \text{М}$	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
5	$X_{\text{М}}$	+60	+85	+30	+40	+35	+20	+15	+25	+15	+5
6	$\rho_{\text{СК}}, \text{Т/М}^3$	2.8	2.9	3	2.7	2.9	2.9	3	3	2.7	2.9
7	$\rho_{\text{КК}}, \text{Т/М}^3$	3.4	3.3	3.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.3	3.1	3.2
8	$f_{\text{СК}}$	12	11	13	12	14	12	11	13	12	11
9	$f_{\text{КК}}$	14	15	15	16	14	14	15	15	14	15
10	$\beta_n, ^\circ$	42	38	46	45	39	37	41	44	39	45
11	$K_{\text{сп}}$	3.9	6.6	4.4	2.9	5.7	3.9	4.4	3.9	4.3	4.9
12	$\alpha_y, ^\circ$	70									
13	$K_n, \%$	5	4	3	4	4	3	5	3	4	5
14	$A_{\text{КК}}$	4	4	3	5	4	3	5	4	3	4
15	$i_K, \%$	75	77	72	74	75	80	72	74	78	76

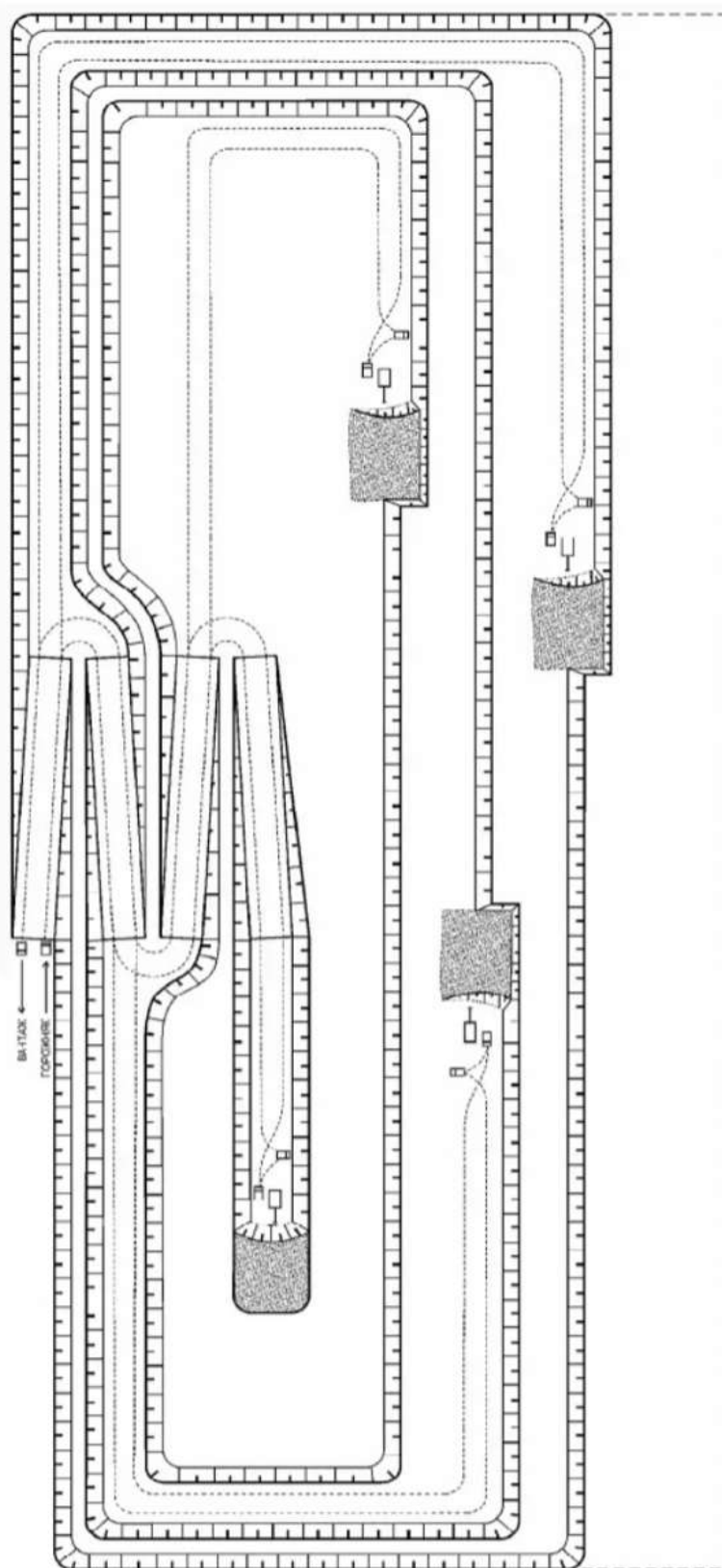


Рис. Б.2 Схема до виконання основної частини роботи (петльова та тупикова форма траси). Основні розміри аналогічні попередній схемі додатку Б

**Вихідні дані для розрахунку умовного прикладу основної (спеціальної) частини
кваліфікаційної бакалаврської роботи**

Родовище має форму крутоспадаючого покладу із наступними параметрами:

1. нормальна потужність - $m_{H,M}$;
2. довжина за простяганням $-L = Ld$, м;
3. кути падіння висячого та лежачого боків родовища $-\alpha$, $^{\circ}$;
4. глибина залягання родовища h , м;
5. відмітка денної поверхні X м;
6. густина розкривних порід ρ_{CK} , T/M^3 ;
7. густина корисної копалини ρ_{KK} , T/m^3 ;
8. коефіцієнт міцності розкривних порід f_{CK} ;
9. коефіцієнт міцності корисної копалини f_{KK} .

На базі даного родовища проектується кар'єр, задані параметри якого:

10. кути укосів неробочих бортів кар'єру - β_{μ} , $^{\circ}$;
11. об'ємний граничний коефіцієнт розкриву - K_{zp} ;
12. кути укосу уступів - α_y , $^{\circ}$;
13. проектні втрати корисної копалини - K_n , %;
14. продуктивність кар'єру по корисній копалині - A_{KK} , млн.т/рік;
15. керівний похил, i_k , %.

Розглянуті вище вихідні дані надаються у табличному вигляді на наступній сторінці та приймаються здобувачем до виконання згідно варіанту. Додаткові вихідні дані та значення коефіцієнтів приймаються здобувачем самостійно, керуючись довідковою або нормативною літературою, з обґрунтуванням у тексті пояснювальної записки.

Графічна частина основної (розрахункової) частини являє собою креслення плану гірничих робіт у кар'єрі на базі умовного родовища, при розкритих чотирьох робочих горизонтах. При цьому, якщо чотири заданих горизонти неможливо розкрити простою формою траси, то для побудови плану кар'єру:

- *непарний номер* варіанту приймає петльову (тупікову) форму траси (зі зміною напрямку руху на кожному горизонті);
- *парний номер* варіанту приймає комбіновану форму траси (зі зміною напрямку руху через 2-3 горизонти).

Баланс потужностей парку ГТО на квітень 2022р.

ВИРОБНИЧІ ПОКАЗНИКИ

№ з/п	Показник	Од. вим.	2022	2022
			План	Факт
	КАР'ЄР			
1	Гірнича маса	тис. МЗ	2 677,2	497,1
2	Руда всього	тис. т	2 577,0	1 180,0
	із вибою	тис. т	2 577,0	1 180,0
	рудсклад	тис. т	-	-
3	Коефіцієнт розкриву	м³/т	0,745	0,127
4	Руда на перегрузках	тис. т		
5	Розкрив всього, в т.ч.:	тис. м³	1 919,3	150,0
	скеля	тис. м³	1 390,0	150,0
	наноси	тис. м³	529,3	скала
	ЩК	тис. м³	-	10,0
6	Розкрив на дамбу, в т.ч.:	тис. м³	90,4	50,0
	скала	тис. м³	90,4	50,0
	наноси	тис. м³	-	-
	ЩК	тис. м³		
7	Розкрив в відвали, в т.ч.:	тис. м³	1 829,0	100,0
	скеля	тис. м³	1 299,7	100,0
	наноси	тис. м³	529,3	-
	ЩК	тис. м³		
8	Питома вага порід			
	руда	т/м³	3,4	3,4
	скеля ЦТА	т/м³	2,9	2,9
	наноси ЦТА	т/м³	2,0	2,0
	траса	т/м³	-	-
	скеля ЖДЦ	т/м³	2,9	2,9
	наноси ЖДЦ	т/м³	2,0	2,0
	ЩК ЖДЦ	т/м³	-	-
	скеля на дамбу ЖДЦ	т/м³	3,30	3,30
9	Екскавація підрядником	тис. м³		
13	Екскавація на відвалах	тис. м³	1 175,4	100,0

БУРОВІ РОБОТИ				
1	Об'єми підривання	тис. м³	2 416,6	1 167,0
	руда	тис. м³	757,9	517,0
	скеля	тис. м³	1 658,6	650,0
2	Об'єми буріння	тис. м.п.	59,1	18 300,0
	руда	тис. м.п.	26,9	18 300,0
	скеля	тис. м.п.	32,2	-
	контурне буріння	тис. м.п.		-
	розвідувальне буріння	тис. м.п.		300,0
3	Вихід г/м із 1 м.п.			28,7
	руда	м³/м.п.	28,2	28,0
	скеля	м³/м.п.	33,6	29,5
4	Госп. Спосіб	тис. м.п.	59,1	18 300,0
5	Підр. Спосіб	тис. м.п.	-	

АВТОТРАНСПОРТ				
1	Руда	тис. т	2 577,0	1 180,0
	забій	тис. т	2 577,0	1 180,0
	перегрузки	тис. т		-
2	Розкрив, всього, в т.ч.:	тис. м³	1 490,3	150,0
	Розкрив прямий у відвал 1	тис. м³	653,6	-
	скеля	тис. м³	436,6	-
	наноси	тис. м³	217,0	-
	ЩК	тис. м³		
	Розкрив на перевантаження	тис. м³	836,7	150,0
	скеля	тис. м³	836,7	150,0
	наноси	тис. м³		-
	підсипання доріг та будівництво трас	тис. м³	49,3	
3	Горнича маса, всього	тис. т	6 703,6	497,1
	скеля	тис. т	3 692,6	497,1
	наноси	тис. т	434,0	-
	ЩК	тис. т	-	-
	руда	тис. т	2 577,0	1 180,0
	підсипання доріг та будівництво трас	тис. т	143,0	
4	Середня відстань транспортування	км	4,10	
	руда	км	3,70	
	скеля	км	4,40	
	наноси	км	4,00	
	ЩК	км		
	інші роботи	км	3,67	
5	Грузооборот горной массы	тис. ткм	27 518,0	
	руда	тис. ткм	9 534,9	
	скеля	тис. ткм	16 247,2	
	наноси	тис. ткм	1 735,9	
	ЩК	тис. ткм	-	
	інші роботи	тис. ткм	524,7	

З/Д ТРАНСПОРТ				
2	Загальні залізничні перевезення, всього, в т.ч.:	тис. м³	1 265,8	150,0
	Розкрив прямий (відвал 2)	тис. м³	429,0	-
	скеля	тис. м³	116,7	-
	наноси	тис. м³	312,3	-
	Розкрив у відвал з перевантажень	тис. м³	746,4	100,0
	скеля	тис. м³	746,4	скеля на дамбу
	наноси	тис. м³	-	-
	ЩК	тис. м³		-
	Розкрив на дамбу з перевантажень	тис. м³	90,4	50,0
	скеля	тис. м³	90,4	50,0
	наноси	тис. м³		-
3	Розкрив у відвал	тис. м³	1 175,4	100,0
4	Гірнича маса, всього	тис. т	3 394,1	
	наноси	тис. т	624,6	
	скеля у відвал	тис. т	2 471,1	
	скеля на дамбу	тис. т	298,3	
	ЩК	тис. т	-	
	руда	тис. т	-	
5	Середня відстань транспортування	км	12,47	
	руда	км		
	наноси	км	12,2	
	скеля у відвал	км	12,2	
	скеля на дамбу	км	15,0	
	ЩК	км		
6	Вантажооборот гірничої маси	тис. ткм	42 176,7	
	руда	тис. ткм	-	
	скеля у відвал	тис. ткм	30 147,4	
	скеля на дамбу	тис. ткм	4 408,5	
	наноси	тис. ткм	7 620,8	
	ЩК	тис. ткм	-	

Продовження додатку Д

Текст **Осередки, інформація в які вводиться в ручному режимі**

СТАТУС ОБЛАДНАННЯ (рознесення відповідно до планів ремонтів та закупівель)

КР	Капітальний ремонт
СПИС	Списання
ПРИОБР	Придбання
МОНТАЖ	Монтаж нового
ТР	Поточний ремонт
ПЕРЕГОН	Перегін на іншу ділянку/кар'єр
50%	Капітальний ремонт, запуск нового обладнання

2TE10M
Atlas Copco
FRD-250
HITACHI-2500
HITACHI-3600
БелАЗ-75131
БелАЗ-75131 (Р)
БелАЗ-75145
БелАЗ-75306
ОПЭ-1АМ
CAT-785C
CAT-789
CAT-993
СБШ-250 МН
УСБШ-250
ЕКГ-10
ЕКГ-12
ЕКГ-5А
ЕКГ-6,3УС
ЕКГ-8И
ЕШ-10/70
ЕШ-6.5/45
ЕКГ-10 (8 м³)

ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ПАРКУ БУРОВИХ ВЕРСТАТІВ

№ з/п	Найменування обладнання	Госп. №	Годинна продуктивність, млч	КВО по ВП	КТГ по ВП	"Обсяг по БП (баланс потужностей), тис. мл"	Об'єм по ВП, тис. мл	Вимкнуті, тис. мл
1	УСБШ-250	95	5,2	0,96	1,00	2,7	1,4	-1,3
2	УСБШ-250	23	5,2	0,96	1,00	2,7	1,4	-1,3
3	УСБШ-250	24	5,2	0,96	1,00	2,7	1,4	-1,3
4	УСБШ-250	87	5,2	0,96	1,00	2,7	-	-2,7
5	УСБШ-250	88	5,2	0,96	1,00	2,7	-	-2,7
6	СБШ-250 МН	25	-	-	-	СПИС	Зупинено	Зупинено
7	СБШ-250 МН	21	-	-	-	2,7	Зупинено	Зупинено
8	СБШ-250 МН	82	5,2	0,96	1,00	2,7	1,4	-1,3
9	FRD-250	27	5,2	0,96	1,00	3,1	1,4	-1,7
10	Atlas Copco PV-271E	28	15,0	0,96	1,00	3,9	-	-3,9
11	Atlas Copco PV-271E	29	15,0	0,96	1,00	7,8	-	-7,8
12	Epiroc DM-75E	30	10,7	0,96	1,00	6,4	2,9	-3,5
13	Epiroc DM-75E	31	10,7	0,96	1,00	6,4	2,9	-3,5
14	Epiroc DM-75E	32	10,7	0,96	1,00	6,4	2,8	-3,6
15	Epiroc DM-75E	33	10,7	0,96	1,00	6,4	2,8	-3,6
15								
15								
15								
15								
15								
	РОЗРАХУНКОВА ПОТУЖНІСТЬ ПАРКУ	15				59,1	18,3	-38,1
	НЕОБХІДНЕ ЗНАЧЕННЯ З БП/ОП					59,1	18 300,0	+18 240,9
	ДЕФІЦИТ (-)/ПРОФІЦИТ (+) ПОТУЖНОСТІ					+0,0	-18 281,7	-18 279,0
	У СЕРЕДНЬОМУ НА 1 ОД. ПАРКУ					3,4	2,0	#ДІЛЕННЯ/0!
доля профіциту/дефіцита						0%	-100%	

2022 (1 квартал)

2021

2020

МЕТРИВЕСТ

МЕТРИВЕСТ

МЕТРИВЕСТ

№	Показатели	ед. измерения	СредОК	МгОК	ЦГОК	СредОК	МгОК	ЦГОК	МгОК
Общие показатели									
3	Средняя глубина карьеров	м	334,470	455,0	423,040	340,475	455,0	963,0	462,0
4	Объем горной массы	тыс. м³/год	31 412,1	27 097,2	25 503,3	31 153,1	26 851,7	23 651,3	29 652,8
5	Воспаша	тыс. м³/год	24 137,3	18 596,6	21 960,8	25 193,4	19 097,2	21 487,4	20 824,0
6	Воспаша	тыс. т/год	68 262,1	44 682,1	53 171,9	70 443,9	51 375,8	52 130,8	55 810,0
7	Коэффициент вскрыши	т/т	2,78	1,55	4,89	2,62	1,77	4,13	1,86
8	Коэффициент вскрыши	м³/т	0,98	0,64	2,02	0,94	0,66	1,70	0,69
9	Добыча руды	тыс. т/год	24 600,7	28 902,0	12 292,7	26 929,9	29 054,0	12 608,7	30 016,8
10	Карьеры	тыс. т/год	24 600,7	28 902,0	10 862,7	26 929,9	29 054,0	11 094,9	30 016,0
11	Подземные рудники	тыс. т/год	-	-	1 430,0	-	-	1 513,8	-
12	Содержание Fe в добытой руде (общее)	%	34,9%	33,5%	28,4%	35,3%	33,4%	33,2%	33,5%
13	Содержание Fe в добытой руде (магнетит)	%	28,9%	24,7%	22,5%	27,0%	24,4%	23,0%	24,4%
14	Объем обогащенной руды	тыс. т/год	24 495,9	29 072,6	12 277,8	26 383,3	28 854,8	11 463,3	29 365,9
15	Содержание Fe в обогащенной руде (общее)	%	35,1%	33,5%	34,1%	35,3%	33,4%	34,0%	33,5%
16	Содержание Fe в обогащенной руде (магнетит)	%	28,7%	24,7%	23,4%	27,0%	24,4%	24,8%	24,4%
17	Объем производства концентрата	тыс. т/год	10 660,0	12 276,7	4 415,3	12 245,4	11 052,5	4 438,7	11 484,5
18	Содержание Fe в концентрате (общее)	%	65,7%	66,1%	68,3%	65,6%	66,3%	66,2%	66,1%
19	Содержание Fe в концентрате (магнетит)	%	60,3%	61,7%	66,2%	59,8%	62,1%	66,1%	н/д
20	Содержание SiO2 в концентрате	%	7,4%	6,3%	4,8%	7,6%	6,6%	4,8%	6,8%
21	Объем переработки концентрата для производства окатышей	тыс. т/год	9 349,8	-	2 462,2	8 670,7	-	2 471,2	-
22	Объем ошукон концентрата	тыс. т/год	-	-	-	-	-	-	-
23	Объем производства окатышей, в т.ч.	тыс. т/год	8 449,7	2 301,5	2 312,2	7 840,2	-	2 312,2	-
24	офлюсованные окатыши	тыс. т/год	753,1	763,9	925,2	167,6	-	925,2	-
25	неофлюсованные окатыши	тыс. т/год	7 696,5	1 537,5	1 387,0	7 672,6	-	1 387,0	-
26	офлюсованные магнезитовые окатыши	тыс. т/год	-	-	-	-	-	-	-
27	неофлюсованные магнезитовые окатыши	тыс. т/год	-	-	-	-	-	-	-
28	офлюсованные DR	тыс. т/год	-	-	-	-	-	-	-
29	Содержание Fe в окатышах (офл.)	%	63,76%	65,1%	65,1%	63,71%	65,0%	65,0%	-
30	Содержание Fe в окатышах (неофл.)	%	62,71%	65,04%	65,9%	63,5%	65,8%	65,8%	-
31	Содержание Fe в окатышах (офл. магнез.)	%	-	-	-	-	-	-	-
32	Содержание Fe в окатышах (неофл. магнез.)	%	-	-	-	-	-	-	-
33	Содержание Fe в окатышах (офл. DR)	%	-	-	-	-	-	-	-
34	Содержание SiO2 в окатышах (офл.)	%	-	-	-	-	-	-	-
35	Содержание SiO2 в окатышах (неофл.)	%	-	-	-	5,77%	5,4%	5,4%	-
36	Содержание SiO2 в окатышах (офл. магнез.)	%	-	-	-	7,5%	5,4%	5,4%	-
37	Содержание SiO2 в окатышах (неофл. магнез.)	%	-	-	-	-	-	-	-
38	Содержание SiO2 в окатышах (офл. магнез.)	%	-	-	-	-	-	-	-
39	Содержание SiO2 в окатышах (неофл. магнез.)	%	-	-	-	-	-	-	-
40	Содержание SiO2 в окатышах (офл. DR)	%	-	-	-	-	-	-	-

2020

2021

2022 (1 квартал)

№	Показатели	ед. измерения	МЕТИНВЕСТ			МЕТИНВЕСТ			МЕТИНВЕСТ		
			СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК
Общие показатели											
39	Буровые работы										
40	Объем бурения общий	тыс. п. м/год	662	667	372	791	682	420			668 276
41	Объем технологического бурения	тыс. п. м/год	664	667	372	779	631	416			668 276
42	Среднее количество буровых станков	ед.	21,9	16,0	16,0	21,8	18,0	23,5			13
43	СБШ-250	ед.						6,0			
44	СБШ-250ИНА-32	ед.				14,3	4,0				
45	СБШ-250ИНА	ед.									4
46	СБШ-250ИНА-NT	ед.									
47	Atlas Copco PT Viper 271E	ед.									
48	Atlas Copco DM-75	ед.				2,4	2,0	1,5			2
49	Atlas Copco DM-45	ед.									2
50	Atlas Copco Flexi ROC D 80	ед.									
51	Atlas Copco FlexiRoc D85	ед.									
52	УСБШ-250А	ед.					9,0				
53	Ferdinand	ед.				5,1	1,0	5,0			1
54	Egitrac DM-75E	ед.					2,0				
55	HIP	ед.						10,0			
56	Sandvik	ед.						1,0			
57	УСБШ-250	ед.									8
58	Диаметр долот	мм	250,0	Atlas Copco PT Viper 271E - 254 мм	244,5	244,5	244,5/250,8	235,250			244,5 и 250,8

				МЕТІНБЕСТ			МЕТІНБЕСТ			МЕТІНБЕСТ		
№	Показатели	ед. измерения	СеаГОК	ИнгГОК	ЦГОК		СеаГОК	ИнгГОК	ЦГОК		ИнгГОК	
Средние показатели												
Сетка бурения		метры\метры	от 67%, 6,5% до 6,0% до 7-7	56,5; 56,6; 6,5%; 7%; 7,7; 8,8%	от 5'5 до 10'10		6,5; 6,5; 6,0%	6,6; 17,6	7,2 x 7,2		рода от 5,5 x 6 до 7,5 x 6 скала от 5,5 x 6 до 9 x 8	
59												
60	Производительность бур. станков	тыс пм/год	30,2	41,7	25,6		36,2	38,4	17,9		51,41	
61		CESU-250							76,8			
62		CESU-250MHA-32					27,4					
63		CESU-250MHA						25,4			8,15	
64		CESU-250MHA-KT										
65		PV 275										
66		Atlas Copco Pti Viper 27 IE						93,7			22,887	
67		Atlas Copco DM-75					86,2		68,7		17	
68		Atlas Copco Flex ROC D 60										
69		Atlas Copco FlexRoc D85										
70		YCESU-250A						25,2				
71		Ferdinand										
72		Eplinc DM-7SE					37,2		96,5		9,2	
73		HYP						38,9				
74		Sandvik							6,7			
75	KIT		76,5%	72,0%	82,1%							
76		CESU-250										
77		CESU-250MHA-32							43,5			
78		CESU-250MHA					78,8%	84,0%	85,0%		85,00%	
79		CESU-250MHA-KT							85,7%			
80		PV 275						69,0%			76,00%	
81		Atlas Copco Pti Viper 27 IE							85,2%			
82		Atlas Copco DM-75						88,0%			85,00%	
83		Atlas Copco Flex ROC D 60					92,4%		95,7%		84,00%	
84		Atlas Copco FlexRoc D85										
85		YCESU-250A										
86		Ferdinand						74,0%				
87		Eplinc DM-7SE					83,6%	84,0%	85,2%		87,00%	
88		HYP						87,0%			75,0%	
89		Sandvik							80,0%			
90												

2022 (1 квартал)

2021

2020

Продовження додатку Е

№	Показатели	ед. измерения	МЕТИНВЕСТ			МЕТИНВЕСТ			ИнГОК	
			СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК		
Общие показатели										
91	ЮЮЮ	%	66,5%	63,0%	72,6%	71,5%	75,0%	75,1%	77,00%	
92	СБШ-250	%						80,1%		
93	СБШ-250МН-32	%				69,6%	59,0%			
94	СБШ-250МН-4	%						75,0%	76,00%	
95	СБШ-250МТ	%								
96	PI/275	%								
97	Atlas Copco Pti Viter 271E	%					76,0%		85,00%	
98	Atlas Copco DM-75	%				81,3%		92,3%	79,00%	
99	Atlas Copco Flexi ROC D-60	%								
100	Atlas Copco Flexi Roc D65	%								
101	УСБШ-250А	%					62,0%			
102	Ferdinand	%				72,2%	76,0%	76,0%	75,00%	
103	Epiroc DM-75E	%					70,0%			
104	НKP	%						68,0%		
105	Sandvik	%						72,0%		
106										
107	Норма расхода электроэнергии	кВт-час/т.м.				22,15	18,14	2,74		
108	Норма расхода дизельного топлива	л/т.м.				4,57				
109	Потребность во взрывании т.м.	%	87,5%	63,6%	59,0%	90,0%	89,4%	75,5%	69,00%	
110	Объем взрывания	тыс. м3/год	25 171	17 245,00	14 793	30 368	20 902,00	16 927	5115	
111	Выход горной массы с п.м. бурения	м3/т.м.	39 32	27 71	40 06	39,28	29 58	40 70	30 21	
112	Средний размер блока	м3	83 497	67 000	73	91 000	105 000	74 900	65000	
Тип взрывчатого вещества										
			Эмонит-Н Украинит	ВВ "Украинит-ГМ-25"	бестропные (преимущественно о Эмонит)	Эмонит Н, Эмонит Н-100, Украинит	Эмонитные Взрывчатое Вещество (ЗВВ) «Украинит» ПП 2	Эмонит Н, Эмонит Н-100, гранулированные	ЗВВ "Украинит ПП 2"	
113	Норма потребления взрывчатых веществ	л/т взрывания	1	1,32	л/т м3 0,91	317	409,65	331	руда - 435,032 л/т скала 427 л/т	
114	Удельный расход ВВ (л/т.м)	л/т м3				1,15	1,48	1,20		
115	Удельный расход ВВ (л/т.м)	л/т м3				0,90	1,11	0,82		

[illegible]

				2020			2021			2022 (1 квартал)		
№	Показатели	ед. измерения	МЕТРИЧЕСТ			МЕТРИЧЕСТ			МЕТРИЧЕСТ			
			СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	
Общие показатели												
180												
181	КОМО	%	59,0%	67,0%	72,7%	66,0%	75,0%	74,5%			77%	
182	РС 5500	%										
183	РН-120	%										
184	ЕЦ3000-6	%				62,6%	68,1%		62,6%		75%	
185	ЭНГ-10	%				67,6%	72,6%	76,6%	67,6%		76%	
186	ЭНГ-10 (10Р)	%										
187	ЭНГ-12	%						83,1%				
188	ЭНГ-15	%										
189	ЭНГ-20KM	%										
190	ЭНГ-3A	%						10,0%				
191	ЭНГ-6,3УС	%					71,1%					
192	ЭНГ-8M	%				66,6%	73,2%	73,6%	66,6%		75%	
193	ЭНГ-8УС	%					69,4%				79%	
194	ЭШ-10/70A	%						76,6%				
195	ЭШ-11/70-Y	%						83,5%				
196	ЭШ-6A5	%						82,1%				
197	ЭНГ-5AУ	%					74,9%					
198	ЭНГ-12K	%				81,6%	79,7%		81,6%			
199	ЕК-2500-6	%					63,1%					
200	Удельный расход зубьев коша	шт/м3 экскавации									0.000348	
201	Норма расхода зубьев коша	шт/м3 экскавации				0,04	0,10	0,06				
202	Норма расхода зубьев коша	шт/м3					0,10					
203	Норма расхода электроэнергии	кВт-час/эксп.м3				0,71	1,07	0,07				
204	Норма расхода электроэнергии	кВт/м3					3,34					

			МЕТІНВЕСТ			МЕТІНВЕСТ			МЕТІНВЕСТ		
№	Показатели	ед. измерения	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК
Общие показатели											
288	Средняя скорость самосвала	км/час	15,33	17,20	14,71	13,83	17,36	15,98			18,564
289	KIT (коэффициент использования грузоподъемности)	ед.	1,00	1,0	1,0	1,01	1,0	0,9			1,01
290	Норма потребления дизельного топлива	л/т-км	93,69	90,00	102,60	93,84	86,60	99,51			
	Характеристика шин	тыс.км/шт									80,4
291	Характеристика шин	тыс.км/шт	40,83	69,10	33,47	43,83	66,20	42,42			
292	BridgeStone "RPS"	тыс.км/шт				63,52	80,10	77,20			
293	BridgeStone 33.00x51 (acc CAT-785 E-75131)	тыс.км/шт					80,10				0,012
294	BridgeStone 40.00R57 (acc CAT-793, Komatsu)	тыс.км/шт									0,0143
	BridgeStone 46.00R57 (acc CAT-793)	тыс.км/шт									
295	GOODYEAR 33.00x51	тыс.км/шт					72,00				
296	GOODYEAR 46.00R57 (acc CAT-793)	тыс.км/шт					58,00				
297	Michelin 33.00x51 (acc CAT-785 E-75131)	тыс.км/шт				69,53	66,80				0,0124
298	Michelin 40.00R57 (acc CAT-793)	тыс.км/шт				84,97					0,0119
299	Michelin XDR2 B4	тыс.км/шт					67,90	78,45			
300	Белшина 33.00-51 0T-116	тыс.км/шт									
301	Белшина 3690-51 Бел-180	тыс.км/шт				40,10	45,30	43,88			
302	Белшина 40.00-57 0T-117M	тыс.км/шт				40,14		50,20			
303	Michelin XDR3 B4	тыс.км/шт				44,14					
304	Maatam MS403 E-4 TL	тыс.км/шт					13,52				0,0115
305	Eurotire Автошины 33.00-51	тыс.км/шт					77,98				
306	Maatam 33.00R51	тыс.км/шт				56,63	41,41				0,0135
307 Жидкоструйная											
308	Объем транспортировки	тыс.шт/год	58,743	28,305	25,872,0	63,223	35,082	26,788,8			34468
309	Транспорт	тыс.км/год	499,954	349,601	424,504,3	518,678	407,699	438,165,9			403658,8
310	Среднее количество технологических поездов	шт	32,4	16,5	21,0	34,6	16,9	17,2			17,1
311	Производительность технологических поездов	млн.тонн/год/ед.	15,42	21,19	20,21	15,00	24,12	25,47			23,61
312	Расстояние перевозок	км	8,49	12,35	16,41	8,20	11,62	16,36			11,71
313	Расстояние перевозок руды	км	8,99	0,00	26,42	9,07	12,50	26,60			
314	Расстояние перевозок вскрыши	км	8,14	12,34	7,26	8,07	12,51	6,32			11,75
315	KIT электровозов	%	83,0%	83,4%		88,8%	83,3%				84%
316	МУО электровозов	%		70,1%	65,2%	80,9%	73,4%				74%
317	Норма потребления электроэнергии	кВт/т-км		0,132		0,14	0,109				0,112
318	KIT тепловозов	%				90,9%	82,1%	85,1%			
319	МУО тепловозов	%				76,6%	46,8%	75,0%			
320	Норма потребления дизельного топлива	л/т-км				28,38	13,25	21,95			

2022 (1 квартал)

2021

2020

				МЕТИНВЕСТ			МЕТИНВЕСТ			МЕТИНВЕСТ		
№	Показатели	ед. измерения	СевГОК	ИнГОК	ЦГОК		СевГОК	ИнГОК	ЦГОК		ИнГОК	
Общие показатели												
321	Сухая магнитная сепарация (в карьере)											
322	Объем дробления	тыс.т	24 543		12 278					12 574		
323	Марка оборудования дробилок		КСД 1500/180							276С-80/250		
324	Марка оборудования сепараторов		-							80.0%		
325	КТГ	%	1.0							59.8%		
326	КОМО	%	0.8		62.5%					22.9%		
327	Содержание Fe маг. во входящей руде	%	-							24.5%		
328	Содержание Fe маг. в руде после переработки	%	-							3.8%		
329	Содержание Fe маг. в хвостах	%	-							9.0%		
330	Доля хвостов	%	-							0.35		
331	Норма потребления электроэнергии	кВтат-ч/т	-									
332	Обогащение											
333	Объем обогащения (переработка руды)	тыс. т/год	24 497	29 073	11 366		26 389	28 855	11 463		7347.47	
334	Марка оборудования дробилок первой стадии		КСД 1500/180	КСД 1500/180 ГрЩ	КСД 1500/180		КСД 1500/180	КСД 1500/180 ГРЩ	КСД 1500/180		КСД-1500/180	
335	Марка дробилок второй стадии		КСД 700/100	КСД 700/100	КСД 900/100		КСД 700/100	КСД 900/100 и КРД 700/100	КСД 900/100		КСД-700/100, КРД-900/100	
336	Марка дробилок третьей стадии		КСД 2000	КСД 2200/400Т	КСД 2200 Т, КСД 2200Т-Д		КСД-2200	КСД 2200/400Т	КСД-2200Т		КСД-2200/400Т	
337	Марка дробилок четвертой стадии		КСД 2000	КСД 2200/600 или КСД 2200Т/Д	КСД 2200 Т1, КСД 2200Т1-Д		КСД-2200, КСДТ-2200, КСДТ-2200 Тод	КСД 2200/600 и КСД 2200Т/Д	КСДТ-2200Т1		КСД-2200/600	
338	Марка мельниц первой и второй стадий измельчения		МШР 3,6*4,0 МШР 4,0*5,0 (1ст.)	МШР 3,6*5,0 ММС 7,0*2,3	МШЦ 4,5*6,0 (секц.№8-13); МШЦ 3,6*5,0 (секц.№14-18)		1ст. - МШР 3,6*4,0; МШР 4,0*5,0 2ст. - МШЦ 3,6*5,5	МШР 3,6*5,0 МШЦ 4,0*5,5 ММС 7,0*2,3 МТР 4,0*7,5	МШЦ 4,5*6,0 МШЦ 4,5*6,0 МШЦ 3,6*4,0 МШЦ 3,6*4,0		МШР-3,6*5,0 ММС-7,0*2,3, МШЦ-4,0*5,5, МТР-4,0*7,5	
			3,6*5,5 (2ст.)									
			нет	да (РОФ-1) нет (РОФ-2)	да		да	да	да	да	да	да
339	Наличие сухой магнитной сепарации	да/нет	нет	да (РОФ-1) нет (РОФ-2)	да		нет	да	да	да	да	да
340	Наличие мокрой магнитной сепарации	да/нет	да	да	4 стадий (с.8-13); 5 стадий (с.14-18)		да	да	да	да	да	да
341	Наличие флотации	да/нет	нет	да	нет		нет	да	нет	нет	нет	нет
342	Наличие травянощелочных методов обогащения	да/нет	нет	нет	нет		нет	нет	нет	нет	нет	нет
343	Способ измельчения	(шары, стержни, другие)	1ст. шары 100мм, 2ст. шары 40мм,	Шары Самомельчение	1ст. шары 100мм, 2ст. шары 40мм, 3ст. 40мм/30мм		шары	шары, кусок (галя)	шары		шаровое, самомельчение	

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА

про підготовку здобувача-випускника

Драчука Олександра Сергійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра ХТІ

Спеціальність 184 Гірництво

(шифр, назва)

Назва (кваліфікаційна бакалаврська робота)

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи **Комплексне використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнГЗК»**

Керівник кваліфікаційної бакалаврської роботи: проф., д.т.н. Темченко О.А.

(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Оцінки по розділах роботи

№ з/п	Найменування розділу роботи	Консультант	Зараховано / не зараховано	Дата	Підпис консультанта	Примітка
1	Аналітична частина	проф., д.т.н. Темченко О.	Зараховано	2.06.2026		
2	Основна частина	проф., д.т.н. Темченко О.	Зараховано	2.06.2026		
3	Екологічні аспекти, охорона праці та цивільний захист	проф., д.т.н. Темченко О.	Зараховано	2.06.2026		

Завідувач кафедри
ХТІ

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра хімічних технологій та інженерії
ВІДГУК КЕРІВНИКА
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ
Драчука Олександра Сергійовича

Здобувача

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Групи

ГР -23ск

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи: **Комплексне використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнГЗК»**

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	103 стор.;
таблиць	3 табл.;
схем і рисунків	15 рис.;
листів графічної частини (демонстраційного матеріалу)	7

Якісні відмінності кваліфікаційної бакалаврської роботи. Кваліфікаційна бакалаврська робота має **інженерно-прикладний характер** і орієнтована на вирішення конкретного виробничого завдання в межах Інгuleцького кар'єру ПрАТ «ІнГЗК», розташованого в Криворізькому залізорудному басейну. При проведенні дослідження використані реальні або типові для Кривбасу параметри: висота уступу; коефіцієнт розкриву; фізико-механічні властивості порід певних горизонтів обраного родовища. В роботі виконані класичні розрахунки: параметрів уступу; коефіцієнта розкриву; щорічних об'ємів розкривних робіт; питомої витрати вибухових речовин в кар'єрі; визначення оптимальної ширини нормального і мінімального робочого майданчика; розрахунок кількості гірничої маси на рік в контексті визначення перспектив **комплексного використання порід при подальшій розробці крутоспадного родовища в разі прийняття рішення про відновлення діяльності комбінату.**

Наведено **детерміновані та нормативні** розрахунки прикладної оптимізації з вибором більш раціональної схеми відпрацювання уступів; варіантів скорочення обсягів транспортування пустих порід на основі **використання геологічної інформації** (спрощеної геологічної моделі; усереднених показників міцності порід; типових профілей родовища) та врахування впливу геології на потенційні обсяги розкривних робіт. Зокрема, аналіз геологічної будови родовища; визначення фізико-механічних властивостей порід; оцінка умов залягання рудних тіл дозволяють врахувати вплив геологічних факторів на обсяги розкривних робіт та вибір технології їх виконання з урахуванням екологічних вимог та сучасних підходів до забезпечення безпечних умов праці в глибокому кар'єрі. Дослідження базується на комплексному поєднанні: **гірничо-геологічного аналізу** умов родовища; **інженерних розрахунків** параметрів кар'єру; **порівняльного аналізу варіантів** ведення розкривних робіт. Доцільно здійснити першочергові проритетні технологічні заходи з реконструкції Інгuleцького кар'єру, які раніше рекомендовані до реалізації у 2022 році, але так і не були впроваджені внаслідок тривалої зупинки виробничо-господарської діяльності, які враховують основні особливості залягання рудних тіл в кар'єрі, зокрема, оцінку впливу контактних зон та змінну міцність гірських порід, що впливає на вибір схеми розкривних робіт з метою подальшого комплексного використання порід при відновленні розробки крутоспадного родовища залізних руд в найближчій перспективі.

Недоліки кваліфікаційної бакалаврської роботи

У роботі прийнято наступні обмеження: використання усереднених показників властивостей гірських порід; відсутність складного 3D-моделювання кар'єру; обмежений обсяг економічного аналізу гірничого виробництва за 2022-06.2024 роки з урахуванням негативного впливу дії воєнного стану в Україні на діяльність комбіната; орієнтація на типові технологічні рішення без порівняння подібних підходів щодо досвіду комплексного використання гірських порід на інших гірничозбагачувальних підприємствах в Україні та за кордоном. У роботі використано переважно класичні інженерні методи розрахунку технологічних параметрів. Відсутнє застосування сучасних підходів, таких як 3D-моделювання або цифрові технології планування гірничих робіт. Геологічні умови родовища розглянуті дещо узагальнено, без детального аналізу неоднорідності порід і контактних зон. Оптимізація розкривних робіт виконана шляхом порівняння обмеженої кількості потенційних варіантів гірничого виробництва без застосування математичних методів оптимізації. Недостатньо враховано вплив реальних виробничих факторів (простої техніки та технологічного устаткування, погодні умови, організація розкривних робіт в кар'єрі за складних умов господарювання та невизначеності на ринках залізорудної сировини) на визначення

можливостей та доцільності комплексного використання гірських порід при відновленні подальшої розробки Інгулецького родовища в найближчій перспективі. У роботі бажано було б розглянути сучасні технології контролю якості вибухових робіт (наприклад, цифровий аналіз фрагментації куска руди).

Характеристика загальної, спеціальної і виробничої підготовки автора кваліфікаційної бакалаврської роботи, ступінь самостійності виконання

Здобувач самостійно виконав інженерний проєкт локальної оптимізації гірничого виробництва з достатньою ступеню обґрунтованості і потенційною можливістю практичного впровадження рекомендацій та запропонованих технологічних і організаційно-управлінських рішень в умовах Інгулецького кар'єру Кривбасу. Доведено, що розкривні породи є важливим вторинним ресурсом; циркулярна економіка є основою розвитку гірничої галузі; геомеханічні фактори визначають можливість внутрішнього складування в глибоких кар'єрах; транспортні системи є ключовим елементом собівартості видобутку руд; цифровізація забезпечує підвищення ефективності подальшого застосування ВГР в умовах невизначеності на ринках залізовмісткої продукції. Отже, комплексне використання порід при розробці залізородних родовищ є актуальним науково-практичним напрямом, особливо для колишніх умов діяльності ПрАТ «ІнгЗК». ВГР залишаються основним способом видобутку залізної руди; ключовими проблемами є значна глибина залізородних кар'єрів, високі транспортні витрати та відвалоутворення; основні тенденції розвитку — цифровізація, автоматизація, екологізація та комплексне використання сировини; для ПрАТ «ІнгЗК» стратегічно важливим є впровадження технологій комплексного використання порід при подальшій розробці крутоспадного родовища у разі прийняття відповідного рішення ТОВ «Метінвест Холдінг» про можливість відновлення роботи комбінату. Вдало використані розрахунково-аналітичні методи, які включають: визначення параметрів уступів (висота, ширина, кут укосу); розрахунок коефіцієнта розкриву; визначення обсягів розкривних порід; розрахунок продуктивності гірничого обладнання. Розрахунки виконувались за діючими нормативними методиками у вітчизняній галузі гірництва. Інформаційною основою самостійно проведених здобувачем в роботі інженерно-технологічних розрахунків становили: геологічні та технічні дані Інгулецького кар'єру у відповідності до фактичних показників щорічних звітів виконання виробничої програми гірничозбагачувального підприємства за 2022-07.2024 роки; нормативні документи у галузі гірництва; наукові публікації з оптимізації розкривних робіт та досвіду комплексного використання гірських порід у фахових журналах, монографіях та збірниках; довідкові матеріали щодо фізико-механічних властивостей гірських порід в Кривбасі.

Можливість використання кваліфікаційної бакалаврської роботи. Основним принципом є адаптація типових методик до конкретних умов Інгулецького кар'єру, що забезпечує практичну цінність отриманих результатів. Бакалаврська робота містить конкретні рекомендації для глибокого залізородного кар'єру: зміна параметрів уступів; оптимізація транспортної схеми; зменшення витрат на розкривні роботи. У результаті виконання роботи доцільно рекомендувати до впровадження очікувані результати дослідження для обґрунтування раціональних параметрів розкривних робіт; зниження коефіцієнта розкриву; підвищення ефективності розробки родовища; формування практичних рекомендацій для гірничозбагачувального підприємства ПрАТ «ІнгЗК» з метою зменшення обсягу розкриву; зниження витрат паливно-мастильних матеріалів; підвищення коефіцієнту вилучення руди. Методичні основи дослідження базуються на поєднанні класичних інженерних методів із практичною орієнтацією на умови Інгулецького кар'єру. Це забезпечує потенційну можливість отримання обґрунтованих і реалізованих результатів, спрямованих на підвищення ефективності розкривних робіт у межах досліджуваного родовища навіть в умовах прийняття підвищених екологічних та безпекових підходів з урахуванням необхідності системної мінімізації ESG-ризиків та збереження тенденцій невизначеності на зовнішніх ринках залізовмісткої продукції. Виконана робота відповідає вимогам до кваліфікаційних бакалаврських робіт за спеціальністю 184 «Гірництво», має практичну спрямованість і може бути використана для вдосконалення виробництва розкривних робіт з метою комплексного використання порід в кар'єрі та пульпи- відходів збагачення корисних копалин в хвостосховищах на перспективу при відновленні його функціонування.

Оцінка кваліфікаційної бакалаврської роботи

Добре /С 78

Темченко Олександр Анатолійович

Керівник

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Професор, д.т.н., професор

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

« 04 » 06 2026 р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра хімічних технологій та інженерії

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

**Комплексне використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд
ПрАТ «ІнГЗК»**

Здобувача

Драчука Олександра Сергійовича

Групи ГР -23ск
Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи
Тема основної (спеціальної) частини кваліфікаційної роботи: <i>Розрахувати технологічні параметри умовного кар'єру згідно даних свого варіанту</i>
Переваги кваліфікаційної бакалаврської роботи
Тема є актуальною, оскільки ефективність розкривних робіт значною мірою впливає на собівартість і якість залізних руд у кар'єрах Кривбасу. Інгулецький кар'єр є репрезентативним для Криворізького регіону, тому дослідження має практичну значущість для гірничодобувного підприємства ПрАТ «ІнГЗК». Розглянуто можливості підвищення ефективності виробництва розкривних робіт за рахунок обґрунтування раціональних параметрів кар'єру для подальшого комплексного використання гірських порід, таких як висота і ширина уступів, схема відпрацювання та зниження коефіцієнта розкриву на родовищі у разі відновлення функціонування комбінату, що особливо важливо для отримання економії експлуатаційних витрат видобутку сирової руди та використання при посиленні екологічних вимог, збільшенні вартості енергоресурсів (особливо імпорتنих), загострення логістичних проблем та збереження тенденцій несприятливих умов реалізації вітчизняної залізничної продукції на зовнішніх ринках.
Недоліки кваліфікаційної бакалаврської роботи
На жаль новизна в роботі хоча і носить прикладний характер: адаптація існуючих методів оптимізації розкривних робіт до умов конкретного кар'єру, зокрема за рахунок зменшення коефіцієнта розкриву та зниження собівартості видобутку руди, що дозволяє потенційно підвищити ефективність гірничого виробництва, однак розглянута без відповідного техніко-економічного обґрунтування результатів дослідження, тому базуються лише на реальних гірничо-геологічних даних і інженерних розрахунках технологічних параметрів видобутку залізничної сировини з орієнтовною оцінкою ефекта від перспективного комплексного використання гірських порід кар'єра та пульпи - відходів збагачення корисних копалин в хвостосховищах через зниження обсягів розкриву та витрат на виконання гірничих робіт, скорочення витрат на транспортування, а також підвищення продуктивності технологічного обладнання без порівняння існуючого досвіду впровадження подібних заходів на інших вітчизняних та закордонних ГЗК.
Рекомендації: Незважаючи на виявлені недоліки, робота відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт за спеціальністю 184 «Гірництво», має практичну спрямованість і може бути використана для оцінки перспектив комплексного використання гірських порід в Інгулецькому кар'єрі ПрАТ «ІнГЗК» при відновленні його функціонування, та може бути допущена до захисту в ДЕК.

Рецензент Чупринов Євген Валерійович

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Проректор з наукової діяльності ДУЕТ, к.т.н.,
доцент 5.06.2026

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Д О В І Д К А

про перевірку тексту роботи програмно-технічними засобами

Текст (вибрати необхідне):

- ☒ кваліфікаційної роботи;
- ☐ навчальної/наукової праці;
- ☐ наукових матеріалів

Комплексне використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнГЗК»

(назва)

автором/авторами або виконавцем якої є:

Драчук Олександр Сергійович

(ПІБ)

кафедра Хімічних технологій та інженерії,

(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 103 сторінок друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «StrakePlagiarism».

Рівень схожості тексту в роботі становить 19,76 %.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

- ☐ власними публікаціями;
- ☒ термінологією;
- ☒ посиланнями на літературу, праці вчених;
- ☐ посиланнями на законодавство;
- ☒ загальноживаними фразами.

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до захисту в ЕК

(подальшого розгляду,

друку, опублікування)

на засіданні кафедри Хімічних технологій та інженерії

(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій від «12» червня 2026 р. протокол №16.

Керівник підрозділу

(підпис)

К. Шмельцер

Дата «12» червня 2026 р.

ЗГОДА здобувача(чки) освіти Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії ДУЕТ

Я, **Драчук Олександр Сергійович**, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. Стверджую, що кваліфікаційна бакалаврська робота ***(Комплексне використання порід при розробці крутоспадного родовища залізних руд ПрАТ «ІнГЗК»)*** виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, що відповідно до пункту 5.8 «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» згадана робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ) та ознайомлений з умовами такого розміщення.

12.06.2026

**Декларація про дотримання академічної доброчесності
під час написання кваліфікаційної бакалаврської роботи
здобувачем вищої освіти Державного університету економіки і технологій**

Я, **Драчук Олександр Сергійович**, здобувач III курсу, групи ГР-23ск Державного університету економіки і технологій розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував заборонену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текст в інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

02.06.2026