

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

КАФЕДРА ГІРНИЧОЇ СПРАВИ

Пояснювальна записка

до міждисциплінарного курсового проєкту з дисципліни
“Розробка родовищ корисних копалин”

Студента Кулаков Є.О.

Групи 184В - 22 -1 П

Керівник проєкту Сахно С.В.

Запоріжжя 2024



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

КАФЕДРА ГІРНИЧОЇ СПРАВИ

| | | | | | |
|---------------|-------------------------------------|-------|----------------|---------|---|
| Кафедра | Гірничої справи | | | | |
| Дисципліна | “Розробка родовищ корисних копалин” | | | | |
| Спеціальність | 184 Гірництво | | | | |
| Курс | 4 | Група | 184В - 22 -1 П | Семестр | 7 |

ЗАВДАННЯ

на курсовий проект студенту

Кулаков Євген Олександрович

| | | | | | |
|--------------|---|--|--|--|--|
| Тема проекту | «Визначення раціонального типорозміру виймально-навантажувального обладнання в умовах кар’єру ПРАТ «ІНГЗК»» | | | | |
|--------------|---|--|--|--|--|

Курсовий проект складається з графічної частини та пояснювальної до неї записки.

Графічна частина проекту на аркуші паперу форматом А-1 (840×594 мм) на якому міститься:

1. Геологічна характеристика родовища.
2. Технологічні схеми, графіки, таблиці.
3. Графічні матеріали з основної частини проекту.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вихідні дані | 4 |
| ВСТУП | 5 |
| 1. Геолого-промислова характеристика родовища | 8 |
| 2. Аналіз гірничо-технологічної інформації підприємства | 21 |
| 3. Розробка альтернативної технології робіт і її порівняння з поточною технологією | 26 |
| 4. Заходи для забезпечення охорони праці і промислової безпеки | 39 |
| Висновки | 47 |
| Список використаних джерел | 49 |



РЕФЕРАТ

| | | |
|-------------------------------------|---|-------------------------|
| Сторінок 9, | Рисунків 4, | Використаних джерел 24. |
| Об'єкт дослідження: | Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів | |
| Предмет дослідження: | Методи та технології ведення гірничих робіт, параметри системи розробки, показники ефективності видобутку корисних копалин та охорона праці. | |
| Мета дослідження: | Оптимізація технологічних процесів розробки местородження для зниження собівартості видобутку руди, підвищення якості продукції та зменшення негативного впливу на довкілля. | |
| Методи дослідження: | Аналітичні методи (порівняльний аналіз техніко-економічних показників); розрахункові методи (визначення втрат та засмічення руди, продуктивності обладнання); статистичні методи (оцінка показників травматизму та запиленості). | |
| Задачі дослідження | Провести аналіз геолого-промислової характеристики родовища. Вивчити поточну технологію видобутку руди та її ефективність. Розробити альтернативні технологічні рішення та порівняти їх з існуючими. Визначити заходи щодо покращення умов праці та безпеки. | |
| Результати досліджень та їх новизна | У результаті дослідження було встановлено: Найбільш ефективними є великогабаритні гідравлічні екскаватори НІТАСНІ ЕХ-3600 і Komatsu РС3000, які демонструють найвищу продуктивність при оптимальних питомих витратах. Втрати балансових запасів на 2024 рік становитимуть 2,56%, а засмічення руди – 6,86%, що є допустимими значеннями. Розроблено комплекс заходів з охорони праці, який включає очищення берм, контроль стійкості бортів, обладнання робочих місць засобами пилогазоподавлення. Новизна полягає у комплексному підході до оптимізації технологічних процесів, що дозволяє одночасно покращити економічні, екологічні та соціальні показники роботи підприємства. | |
| Ключові слова: | ІНГУЛЕЦЬКЕ РОДОВИЩЕ, МАГНЕТИТОВІ КВАРЦИТИ, ЕКСКАВАТОРИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ВТРАТИ РУДИ, ОХОРОНА ПРАЦІ. | |



ВСТУП

Розробка родовищ корисних копалин є однією з найважливіших галузей економіки України, яка забезпечує нафтогазовий та металургійний комплекси необхідними сировинними матеріалами для виробництва широкого спектру продукції. У контексті інтенсивного розвитку промисловості та підвищення попиту на металургійну продукцію, особливо важливим є ефективне використання природних ресурсів, таких як залізородні родовища Криворізького басейну. Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів, яке є одним із найбільших у цьому регіоні, має стратегічне значення для економіки країни. Актуальність досліджень щодо оптимізації процесів видобутку та переробки корисних копалин на даному родовищі пояснюється не тільки величезною роллю цього родовища у забезпеченні металургійних підприємств сировиною, але й необхідністю зменшення екологічного навантаження на довкілля та підвищення економічної ефективності виробничих процесів.

З метою підвищення ефективності розробки родовищ корисних копалин необхідно проводити детальний аналіз геолого-промислової характеристики родовищ, технологічних процесів, а також впроваджувати нові методи і технології, що дозволяють знизити витрати та підвищити якість добутої продукції. Сучасні методи розробки родовищ передбачають застосування високопродуктивного обладнання, розширення можливостей автоматизації та інтеграції новітніх наукових досягнень у галузі гірництва. Однак, для того щоб досягти максимальної ефективності, необхідно враховувати специфічні умови кожного окремого родовища, які включають геологічну будову, структурні особливості, якість корисних копалин та інші фактори.

Актуальність теми курсового проєкту "«Визначення раціонального типорозміру виймально-навантажувального обладнання в умовах кар'єру ПРАТ «ІНГЗК»»" полягає в тому, що Інгулецьке родовище є ключовим


об'єктом для української металургії, і його ефективна розробка має пряму вплив на економічну стабільність країни. З одного боку, потрібно забезпечити стабільне надходження сировини для металургійних підприємств, з іншого – необхідно зберегти природні ресурси для майбутніх поколінь. Окрім цього, важливо враховувати екологічні аспекти розробки родовищ, оскільки невірне управління ресурсами може призвести до серйозних негативних наслідків для довкілля та здоров'я населення.

Цель курсового проекту полягає у комплексному аналізі геолого-промислової характеристики Інгулецького родовища, визначення основних технологічних схем та методів розробки, а також розробці рекомендацій щодо оптимізації процесів видобутку та збагачення залізорудної сировини. Д

Сучасний рівень розвитку гірничої промисловості України потребує впровадження новітніх технологій та методів управління, які дозволять підвищити ефективність роботи підприємств та зменшити негативний вплив на довкілля. Інгулецьке родовище має великий потенціал для впровадження таких технологій, але для цього необхідно провести детальний аналіз і розробити конкретні рекомендації щодо оптимізації виробничих процесів.

У рамках даного курсового проекту передбачено проведений аналіз поточних технологій видобутку та переробки руди на Інгулецькому гірничо-збагачувальному комбінаті, а також порівняння з можливими альтернативними варіантами. Особливе увагу приділено вивченню екскаваторів різних типів та їх продуктивності, а також економічним показникам використання різних типів техніки. Це дозволить визначити оптимальні методи розробки родовища, які забезпечать максимальну економічну ефективність при збереженні якості добутої продукції.

Також важливим аспектом є забезпечення безпеки працівників під час ведення гірничих робіт. Кар'єрні підприємства часто стикаються з викликами, пов'язаними з небезпечними умовами праці, і тому необхідно розробити комплексну систему заходів, яка забезпечить безпечну роботу працівників у



складних умовах. Вона повинна включати як технічні, так і організаційні заходи, а також програми навчання та підготовки персоналу.

Висновуючи, можна сказати, що курсовий проєкт, присвячений розробці Інгулецького родовища, має велике практичне значення для розвитку української гірничої промисловості. Детальний аналіз геолого-промислових умов, технологічних процесів та екологічних аспектів дозволить розробити конкретні рекомендації щодо оптимізації роботи Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату. Реалізація цих рекомендацій сприятиме підвищенню економічної ефективності підприємства, зменшенню витрат на видобуток та переробку руди, а також забезпеченню безпеки працівників та мінімізації негативного впливу на довкілля. Таким чином, результати даного проєкту будуть важливим внеском у розвиток української гірничої промисловості та підвищення її конкурентоспроможності на міжнародному рівні.

Розділ 1. ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВА ХАРАКТЕРИСТИКА РОДОВИЩА

1.1 Геологічна характеристика району

Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів розташоване у крайній південній частині Криворізького басейну, відноситься до його Лихманівського (Інгулецького) залізорудного району. У геологічному відношенні родовище локалізується в межах замкової частини Лихманівської синкліналі, а також північного продовження її східного крила. У північному напрямку до поєднання з основною частиною Криворізької структури (Південний залізорудний район Кривбасу) родовище змінюється Інгулецьким родовищем багатих (тонкодисперсний-мартитових) залізних руд, а також низкою більш дрібних залізорудних родовищ Лихманівської залізорудної смуги.

Адміністративно родовище відноситься до Широківського району та м.Кривий Ріг Інгулецького району Дніпропетровської області. Родовище розробляється Інгулецьким гірничо-збагачувальним комбінатом з 1961 р.

Залізорудна товща родовища входить до складу вузької смуги метаморфічних порід, витягнутої у напрямку південь-північ на західному схилі ріки Інгулець. Загальна довжина родовища 5,3 км, ширина – від 0,5 до 1,3 км.

1.2 Геологічна будова родовища і гірничотехнічні умови його розробки

Інгулецьке родовище приурочене до замкової частини Лихманівської синкліналі. У його геологічній будові беруть участь породи архейського, протерозойського і кайнозойського віку.




Архей. У будові розрізу архейських порід, згідно з результатами досліджень останніх років, беруть участь утворення середнього і верхнього відділів.

Середній архей. До середньоархейських порід відносяться плагіограніти та плагіомігматити дніпропетровського комплексу. Граніти, переважно, підстеляють східне крило Лихманівської синкліналі (рис. 1.1.1). Вони представлені біотитовими, амфібол-біотитовими різновидами світлосірого кольору. Породи середньозернисті масивної текстури, але на контакті з утвореннями Лихманівської синкліналі відмічається слабе їх розсланцювання.



Рисунок 1.1 - Положення Ігулецького родовища в межах Криворізького басейну




Мігматити поширені на захід від Лихманівської синкліналі. Вони являють собою масивну середньо- і дрібнозернисту породу рожево-сірого кольору. У зоні тектонічного контакту мігматитів з породами криворізької серії вони брекчійовані, мілонітизовані. По зонах тріщинуватості активно проявлений процес метасоматичної мікроклінізації мігматитів. Локально у масивах плагіогранітів і мігматитів спостерігаються лінзовидні і пластоподібні тіла амфіболітів, амфібол-біотитових, біотитових сланців, які розглядаються як релікти аульської серії нижнього архею [1].

Верхній архей. До верхньоархейських утворень відносяться породи конкської серії, які представлені потужною товщою амфіболітів. Картуються вони у межах замикання Лихманівської синкліналі, де їх потужність складає близько 500 м, а також виходять на поверхню у вигляді окремих блоків у західному та східному її крилах. Породи масивної текстури дрібно-середньозернисті, темносірого, рідше чорного кольору. Основні породоутворюючі мінерали – рогова обманка, плагіоклаз, другорядні – біотит, актиноліт, кварц. Однією з особливостей цих утворень є повнокристалічність та епізодична присутність карбонат-кварцових мигдалин [1].

Протерозой. Протерозойський комплекс порід представлений утвореннями нижнього та верхнього відділів.

Нижній протерозой. До нижньопротерозойських порід відносяться породи криворізької серії, яка у межах родовища поділена на чотири світи (знизу до гори): 1) новокриворізьку, 2) скелеватську, 3) саксаганську, 4) гданцевську [2].

Новокриворізька світа з розмивом залягає на породах конкської серії. Основну частину розрізу світи складають біотит-кварц-роговообманкові, мусковіт-кварц-біотитові, а також мономінеральні кварцові, польвошпат-кварцові та силікат-кварцові метапісковики (кварцити). Потужність світи в межах родовища складає 40-50 м [3].



Скелюватська світа згідно залягає на утвореннях новокириворізької. За петрографічним складом вона поділена на три підсвіти - нижню, середню і верхню.

➤ **Нижня підсвіта** характеризується регресивною будовою розрізу. В її базальній частині залягають дрібнозернисті мусковітові кварцити, які перешаровуються з малопотужними прошарками кварц-мусковітових сланців. Вище за розрізом вони переходять у середньо-крупнозернисті метапісковики (кварцити), останні змінюються гравелістими метапісковиками та метагравелітами, що вміщують рідкісні малопотужні прошарки та лінзи дрібногалечних метаконгломератів. Потужність підсвіти змінюється від 20-25 м у західному крилі Лихманівської синкліналі до 80-100 м у східному.

➤ **Середня підсвіта**, на відміну від нижньої, характеризується трансгресивною будовою розрізу. В її основі залягають польвошпат-кварцові метагравеліти та метаконгломерати. Вище за розрізом вони змінюються різнозернистими польвошпат-кварцовими метапісковиками, а потім кварц-мусковітовими сланцями, які перешаровуються з метапісковиками та метагравелітами. Останні більш поширені у центральній частині підсвіти. Сланці зустрічаються практично по всьому розрізу, але переважають у його верхній частині. Потужність підсвіти змінюється від 20-30 м на крилах Лихманівської синкліналі до 60-80 м у її замковій частині. **Верхня підсвіта**, відома під назвою «тальковий горизонт», завершує розріз скелюватської світи, згідно залягає на середній підсвіті. Вона складена карбонат-хлорит-актиноліт-тремоліт-тальковими сланцями. Породи підсвіти помітно відрізняються за складом та умовами утворення від вищезгаданих порід скелюватської світи, що дало можливість виділити її як самостійну інгулецьку світу криворізької серії [2,3,4].

Саксаганська світа згідно залягає на породах «талькового горизонту». У межах Інгулецького родовища вона складена сланцевими і залізистими

горизонтами, які чергуються. Починається розріз світи першим сланцевим горизонтом, а завершується п'ятим залізистим.

➤ Перший сланцевий горизонт складений мусковіт-кварц-біотитовими (центральна частина) і гранат-біотит-кварц-кумінгтонітовими (периферійні зони) сланцями. Потужність горизонту змінюється у східному крилі від 20 до 40 м, у західному від 10 до 20 м, у межах замикання Лихманівської синкліналі вона становить 50-60 м.

➤ Перший залізистий горизонт представлений біотит-магнетит-кумінгтонітовими і кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами середньо-широкошаруватої текстури. У центральній частині горизонту зустрічаються лінзовидні тіла магнетитових кварцитів. Середній вміст $Fe_{заг.}$ у породах горизонту 31,57 мас. %. $Fe_{магн.}$ - 20,57 %. Потужність горизонту змінюється від 5-30 м на крилах Лихманівської синкліналі, до 100 м у її замковій частині.

➤ Другий сланцевий горизонт підстеляє продуктивну товщу родовища. За породним і мінеральним складом він близький до першого сланцевого горизонту. Вміст $Fe_{заг.}$ у породах горизонту 16-25 мас. %, $Fe_{магн.}$ - 0,5-5 %. Потужність горизонту змінюється від 20 до 40 м.

➤ Другий залізистий горизонт характеризується неоднорідністю внутрішньої будови. Починає розріз горизонту пачка магнетит-силікатних кварцитів потужністю 8-10 м з вмістом $Fe_{магн.}$ до 14 мас. %. Вище за розрізом залягає пласт магнетит-силікатних та силікат-магнетитових кварцитів зелено-сірого кольору середньо- та широкошаруватої текстури потужністю 30-40 м. Вміст $Fe_{магн.}$ у породах цієї пачки змінюється від 14 до 18 %. Вище розташований пласт червоношаруватих магнетитових кварцитів потужністю 5-6 м. Завершує розріз другого залізистого горизонту пласт силікат-магнетитових і магнетит-силікатних кварцитів різношаруватої текстури, які містять пропластки гранат-кварц-біотитових сланців потужністю до 10 м. Вміст $Fe_{заг.}$ у породах горизонту змінюється від 28 до 35 мас. %, $Fe_{магн.}$ - від 8 до 34 %. Загальна потужність другого залізистого горизонту в замковій

частині синкліналі досягає 600 м, в західному крилі змінюється від 30 до 50 м, у східному - від 100 до 300 м.

➤ Третій сланцевий горизонт складений гранат-біотит-кварц-кумінгтонітовими сланцями з пропластками безрудних кварцитів. Породи мають грубошарувату текстуру, в них широко проявлена сульфідна мінералізація (пірит, піротин). Вміст $Fe_{заг.}$ у сланцях складає 20-25 мас. %, $Fe_{магн.}$ - 2-5 %. Потужність горизонту – 5-10 м.

➤ Третій залістий горизонт складають біотит-магнетит-кумінгтонітові та кумінгтоніт-магнетитові кварцити зеленувато-сірого кольору різношаруватої текстури. У східній частині родовища у межах горизонту присутні пропластки гранат-кварц-біотитових і кварц-біотитових сланців потужністю до 10 м. Вміст $Fe_{заг.}$ у залістих кварцитах горизонту змінюється від 24 до 31 мас. %, $Fe_{магн.}$ - від 15 до 22 %.

➤ Четвертий сланцевий горизонт за породним і мінеральним складом подібний до третього сланцевого. Вміст $Fe_{заг.}$ у породах горизонту змінюється від 10 до 25 мас. %, $Fe_{магн.}$ - від 1 до 5 %. Потужність горизонту змінюється від 5-7 м у західному крилі до 20-30 м у східному і до 40-50 м у замковій частині Лихманівської синкліналі.

➤ Четвертий залістий горизонт представлений, переважно, сірошаруватими магнетитовими кварцитами, які у всячому боці переходять у кумінгтоніт-магнетитові. В межах горизонту присутній пласт ставроліт-гранат-кварц-біотитових сланців потужністю 0,7-1,5 м. У верхній частині горизонту виділяються пропластки червоношаруватих магнетитових і гематит-магнетитових кварцитів. Середній вміст $Fe_{заг.}$ в породах горизонту складає 37,6 мас. %, $Fe_{магн.}$ – 30,3 %. Потужність горизонту змінюється від 20-30 м у західному крилі синкліналі до 30-60 м у східному і до 100 м у її замковій частині.

➤ П'ятий сланцевий горизонт складений силікат-магнетитовими і магнетит-силікатними кварцитами темносірого кольору грубо-

широкошаруватої текстури. Основний об'єм їх складають потужні кварцові та магнетит-кварцові прошарки. Рудні прошарки мають підпорядковане значення. Середній вміст $Fe_{\text{заг.}}$ складає 30,5 мас. %, $Fe_{\text{магн.}}$ – біля 20 %. Потужність горизонту 10-15 м.

➤ П'ятий залізистий горизонт представлений магнетитовими, залізнослюдко-магнетитовими та магнетит-залізнослюдковими кварцитами. Магнетитові різновиди переважають у нижній частині розрізу, де вони складають пачки потужністю до 50 м, поділені пластами залізнослюдко-магнетитових кварцитів потужністю 5-10 м. У середній частині горизонту переважають залізнослюдко-магнетитові кварцити, які вміщують прошарки червоношаруватих магнетитових кварцитів. Верхня частина розрізу горизонту являє собою зону гіпергенних змін первинних магнетитових і залізнослюдко-магнетитових кварцитів і представлена мартитовими кварцитами з підпорядкованим розвитком магнетит-мартитових і мартит-магнетитових кварцитів. Середній вміст $Fe_{\text{заг.}}$ в породах горизонту складає 38,91 %, $Fe_{\text{магн.}}$ - 33,27 %. Потужність горизонту змінюється від 30-50 м на крилах Лихманівської синкліналі до понад 400 м у її замковій частині [2,5].

Гданцевська світа з кутовим і стратиграфічним неузгодженням залягає на породах п'ятого залізистого горизонту саксаганської світи, завершуючи розріз кристалічних утворень родовища. Товща світи складена графіт-серицит-кварц-хлоритовими, графіт-мусковіт-кварц-біотитовими сланцями та слюдяними кварцитами. В межах родовища потужність світи не встановлена, у його північній частині потужність її виходів коливається від 5-10 до 50-70 м [6].

Кайнозой. Кристалічні утворення докембрію перекривають палеогенові та четвертинні відклади осадового чохла. Найбільш розповсюдженими породами кайнозою є піски, глини і вапняки еоцену і міоцену. Потужність кайнозойської товщі у межах родовища змінюється від 0 до 50 м. Інгулецьке

родовище у структурному плані пов'язане з виходом на поверхню розмиву корінних порід ядра Лихманівської синкліналі (рис. 1.2.1).

Східне крило синкліналі в межах родовища характеризується субмеридіональним простяганням, західним, часто зворотнім падінням. Західне крило зрізане Західним насувом, що надає складці асиметричну будову. Замок Лихманівської синкліналі у розрізі має коритоподібну форму. У його будові виділяються незначні за розміром підняття та опускання залізистих і сланцевих горизонтів. Характерною ознакою синкліналі є круте (до 30-35°) занурювання шарніру на північ. У крилах Лихманівської синкліналі розвинені асиметричні складки волочіння вищих порядків. Східне її крило ускладнене зонами зім'яття та окремими дрібними складками при загальному крутому падінні пластів [7].

Вісь основної синкліналі представлена низкою вісей більш дрібних складок. Останні розташовані лаштункоподібно, внаслідок чого вісь основної синкліналі у напрямку південь-північ поступово зміщується на захід.

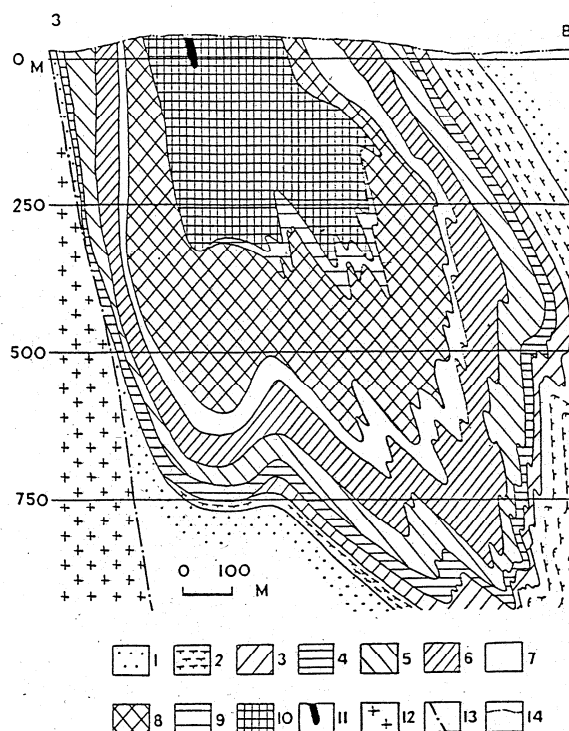


Рисунок 1.2 - Схематичний геологічний розріз Інгулецького родовища

1-кварцити слюдисті PR_1sk_1 ; 2-сланці талькові PR_1sk_3 ; 3-сланці амфібол-біотитові PR_1sx^{1s} ; 4- кварцити магнетит-силікатні PR_1sx^{1f} ; 5- сланці амфібол-біотитові PR_1sx^{2s} ; 6- кварцити магнетитові і силікат-магнетитові PR_1sx^{2f} ; 7-сланці амфібол-біотитові PR_1sx^{3s-4s} ; 8-кварцити гематит-магнетитові і магнетитові PR_1sx^{4f} ; 9- кварцити з сланцями PR_1sx^{5s} ; 10- кварцити і джеспіліти PR_1sx^{5f} ; 11- багаті руди PR_1sx-gd ; 12-граніти і мігматити; 13- розривні порушення; 14- ерозійний зріз нижньопротерозойських порід.

Окрім різного масштабу складок у межах Інгулецького родовища поширені розривні порушення. Найбільш суттєву роль у структурі родовища відіграє Західний насув. У межах родовища зона насуву має потужність 12-15 м, представлена катаклазованими і лімонітизованими залізистими породами з великою кількістю жил та прожилків кварцового, карбонатного, карбонат-кварцового, кварц-мікроклинового складу. Падіння основної площини насуву західне під кутом $75-85^\circ$.

Центральну і східну частину родовища також ускладнює серія розривних порушень, які характеризуються субмеридіональним простяганням та крутим падінням. Розривне порушення центральної частини родовища представлене зоною інтенсивно тріщинуватих порід з дзеркалами ковзання на поверхні тріщин. Потужність зони становить 0,5-0,7 м, у північній частині родовища – до 15 м. Деякі тріщини виповнені кварцом з незначним вмістом сульфідів (піриту, піротину). Потужність жил змінюється від 1-2 до 40-50 см.

Однією з особливостей порід Лихманівської синклінали є інтенсивний розвиток тріщин сколювання, розриву і кліважу. Тріщинуватість найбільш проявлена у породах саксаганської світи. Тріщини, переважно, відкритого типу, інколи виповнені кварцом, карбонатами.

Породи осадового чохла горизонтально залягають на утвореннях кристалічного фундаменту з незначним загальним нахилом на південь під кутом 3-5 °.

1.3 Якість корисних копалин

Якість залізистих кварцитів Інгулецького родовища, як руди що потребує збагачення визначають наступні компоненти:

- загальний вміст заліза
- залізо, пов'язане з магнетитом

Очікувані показники у 2023 році на рівні:

- загальний вміст заліза $Fe_{\text{заг.}} = 32,01 \%$;
- залізо, пов'язане з магнетитом $Fe_{\text{магн.}} = 23,21 \%$;

На 2024 рік плануються наступні показники якості при видобутку руди:

- загальний вміст заліза $Fe_{\text{заг.}} = 32,60 \%$;
- залізо, пов'язане з магнетитом $Fe_{\text{магн.}} = 23,60 \%$.

Якість вихідної руди і співвідношення різновидів на 2024 рік наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Якість вихідної руди і співвідношення різновидів, станом на 2024 рік

| № п/п | Найменування різновидів | % | тис. т | Fe _{заг.} | Fe _{магн.} |
|-------|---------------------------|------|----------------|--------------------|---------------------|
| 1. | Гематит-магнетитові | 10,6 | 3 106,6 | 35,3 | 29,1 |
| 2. | Магнетитові | 21,8 | 6 374,7 | 37,3 | 31,0 |
| 3. | Магнетит-силікатні | 3,5 | 1 025,8 | 30,8 | 20,5 |
| 4. | Магнетитові | 12,3 | 3 607,4 | 34,2 | 25,6 |
| 5. | Магнетит-силікатні | 20,2 | 5 912,3 | 27,2 | 15,3 |
| 6. | Магнетитові | 18,6 | 5 438,1 | 33,4 | 24,7 |
| 7. | <i>Магнетит-силікатні</i> | 13,0 | 3 805,3 | 28,7 | 16,9 |
| | Всього: | 100 | 29270,0 | 32,60 | 23,60 |

Джерело: [8,9]

1.4 Балансові і промислові запаси корисних копалин

Запаси залізистих кварцитів Інгулецького родовища розвідувались і затверджувались неодноразово, починаючи з 1951р.

У 2014-2015 р. ТОВ «ВЕАГНУ» було виконано геолого-економічну переоцінку запасів магнетитових кварцитів Інгулецького родовища (за результатами проведеної в 2013-2014 роках ТОВ «Георесурс» дорозвідки південної частини родовища) з метою визначення їх промислового значення, базуючись на фактичних техніко-економічних показниках видобутку, переробки та фінансових результатах діючого підприємства. Результати геолого-економічної переоцінки затверджені протоколом ДКЗ України № 3327 від 26.02.2015 р. та наведені в табл. 1.2

Запаси магнетитових кварцитів, що залягають нижче абсолютної відмітки-840м, вилучені з підрахунку, як такі що знаходяться поза межами

ділянки спеціального дозволу №1932, наданого ПРАТ «Інгулецький ГЗК» на видобування магнетитових залізистих кварцитів Інгулецького родовища.

У 2019 р. ТОВ «ВЕАГНУ» було виконано геолого-економічну переоцінку запасів магнетитових кварцитів Інгулецького родовища ПРАТ «ІНГЗК».

Необхідність виконання геолого-економічної переоцінки родовища обумовлена зміною економічних умов господарювання підприємства з розробки родовища та переробки залізорудної сировини внаслідок зміни техніко-економічних та гірничо-геологічних умов експлуатації.

Результати геолого-економічної переоцінки затверджені протоколом ДКЗ України № 4835 від 24.07.2019р. Затверджені станом на 01.01.2019р. балансові запаси магнетитових кварцитів загальнодержавного значення наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 - Балансові запаси Інгулецького родовища (за протоколом ДКЗ №3327 26.02.2015р.)

| Категорія / клас запасів | | Кількість запасів (тис. т) | Вміст Fe _{заг.} , % | Вміст Fe _{магн.} , % |
|---|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Балансові запаси в затвердженому проектному контурі діючого кар'єру до відмітки мінус 600 м: | | | | |
| В / 111 загалом | | 801 611,5 | 33,80 | 26,0 |
| у тому числі з вмістом Fe _{магн.} < 20 % | | 161 045,6 | 27,18 | 16,46 |
| C ₁ / 111 загалом | | 226 546,9 | 33,70 | 23,79 |
| у тому числі з вмістом Fe _{магн.} < 20 % | | 62 173,7 | 30,45 | 18,05 |
| C ₂ / 122 загалом | | 43 031,5 | 32,10 | 20,58 |
| у тому числі з вмістом Fe _{магн.} < 20 % | | 11 853,5 | 30,04 | 16,68 |
| Всього | V+C ₁ +C ₂ | 1 071 189,9 | 33,70 | 25,29 |
| у тому числі з вмістом Fe _{магн.} < 20 % | | 235 072,8 | 28,24 | 16,92 |
| Запаси з невизначеним промисловим значенням поза межами проектного контуру діючого кар'єру до відмітки мінус 600м у межах ділянки спеціального дозволу № 1932 до абсолютної відмітки мінус 840 м. | | | | |
| C ₂ / 332 загалом | | 793 071,0 | 32,50 | 22,46 |
| у тому числі з вмістом Fe _{магн.} < 20 % | | 263 806,2 | 29,60 | 16,80 |

Джерело: [8,9]

Таблиця 1.3 - Балансові запаси Інгулецького родовища (за протоколом ДКЗ № 4835 від 24.07.2019р.)

| Категорія геологічної вивченості | Код класу | Запаси, тис. т | Fe _{маг.} , % | Fe _{заг.} , % |
|--|-----------|----------------|------------------------|------------------------|
| Балансові запаси в межах спеціального дозволу на користування надрами №1932 в затвердженому проектному контурі діючого кар'єру до відмітки мінус 600 м | | | | |
| B | 111 | 662 652 | 26,02 | 34,10 |
| C ₁ | 111 | 284 421 | 22,27 | 33,29 |
| B+C ₁ | 111 | 947 073 | 24,90 | 33,86 |
| C ₂ | 122 | 12 946 | 18,96 | 31,31 |
| Всього B + C ₁ + C ₂ | 111+122 | 960 019 | 24,82 | 33,82 |
| Запаси з невизначеним промисловим значенням, що залягають в межах ділянки спеціального дозволу №1932, поза проектним контуром діючого кар'єру до відмітки мінус 840 м. | | | | |
| C ₂ | 332 | 875 795 | 24,07 | 33,99 |

Джерело: [8,10]

За станом на 01.01.2023 р. згідно форми 5-гр звітнього балансу запасів на обліку:

Балансові запаси Інгулецького родовища в поверсі до відмітки - 600м в межах затвердженого проектного контуру діючого кар'єру за категоріями складають: B – 576 134,9 тис.т.; C₁ – 276 282,0 тис. т; B+C₁ – 852 416,9 тис.т; C₂ – 12 946,0 тис.т.; B+C₁+C₂ – 865 362,9 тис. т.

Запаси магнетитових кварцитів з невизначеним промисловим значенням, що залягають в межах ділянки спеціального дозволу № 1932 на користування надрами Інгулецького родовища поза проектним контуром діючого кар'єру до відмітки мінус 840 м за категоріями складають C₂ – 875 795,0 тис. т.

Кількість запасів за категоріями та якісні показники наведені в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 - Запаси Інгулецького родовища станом на 01.01.2024 р.
(згідно форми 5-гр звітнього балансу запасів)

| Категорія геологічної вивченості | Код класу | Запаси, тис. т | Fe _{маг.} , % | Fe _{заг.} , % |
|--|-----------|----------------|------------------------|------------------------|
| Балансові запаси в межах спеціального дозволу на користування надрами №1932 в затвердженому проектному контурі діючого кар'єру до відмітки мінус 600 м | | | | |
| В | 111 | 576 134,9 | | |
| C ₁ | 111 | 276 282,0 | | |
| В+C ₁ | 111 | 852 416,9 | | |
| C ₂ | 122 | 12 946,0 | | |
| Всього В + C ₁ + C ₂ | 111+122 | 865 362,9 | 24,82 | 33,82 |
| Запаси з невизначеним промисловим значенням, що залягають в межах ділянки спеціального дозволу №1932, поза проектним контуром діючого кар'єру до відмітки мінус 840 м. | | | | |
| C ₂ | 332 | 875 795 | 24,07 | 33,99 |

Джерело: [11]

В 2024 році плануються до видобутку балансові запаси магнетитових кварцитів у кількості – 29270,0 тис. т.

Розділ 2. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів розташоване у крайній південній частині криворізького басейну, в 30 км на південь від центру м. Кривий Ріг.

У будові родовища беруть участь граніти і мігматити архею, і метаморфічні породи криворізької серії нижнього протерозою. Породи докембрію перекриті глинами, пісками, мергелями, вапняками палеогену і неогену, а також суглинками четвертинного віку загальною потужністю до 40 м.

Основною корисною копалиною родовища є магнетитові кварцити, які використовуються для виробництва. Продукція комбінату поставляється металургійним підприємствам України та на експорт.

Згідно з цим документом проектна річна потужність комбінату становила: виробництво концентрату 14,0 млн. т; видобуток руди 32,79 млн. т.

У 2019 році інститутом ДП «ДПІ «Кривбаспроект» виконано проект "Будівництво об'єктів обслуговування для відпрацювання Інгулецького родовища з розширенням кар'єру ПрАТ "ІНГЗК" в межах ліцензійної площі за адресою: Дніпропетровська область, м. Кривий Ріг, вул. Рудна, 47, проммайданчик ПрАТ "ІНГЗК". Проект затверджено наказом №756 по підприємству від 03.07.2019 р.

Згідно з цим документом проектна потужність комбінату за період 2018-2025 рр. становить: видобуток руди 218,4 млн. т.; об'єм розкривних порід 164,04 млн. м³. Середній коефіцієнт розкриття за період 2018-2025 рр. становить 0,751 м³/т.

У 2021 році за завданням комбінату, проведено проект «Корегування гірничої частини». Дане корегування проекту погоджено з генеральним

проектувальником Державним підприємством «Державний інститут по проектуванню підприємств гірничорудної промисловості «Кривбаспроект». Корегування гірничої частини проекту затверджено наказом №24 по підприємству від 01.11.2022 р.

Згідно гірничої частини проекту (3251-02-1200ПЗ, том 1) річні виробничі потужності по руді, розкривним породам та коефіцієнту розкриття самостійно плануються підприємством, але повинні відповідати проектним показникам за встановлений період 2021-2025 рр.

У період з 2021 до 2025 року видобуток здійснюється руди в обсягах 130 500 тис. т. Обсяг виїмки розкривних порід в розрахунковий період складає 95 917 тис. м³. Середній коефіцієнт розкриття 0,735 м³/т.

Очікуваний об'єм видобутку руди у 2023 році – 7 097,9 тис.т. План на 2024 рік – 29 270 тис.т. Коефіцієнт розкриття в 2023 році очікується на рівні 0,738 м³/т. Плановий коефіцієнт розкриття на 2024 рік – 0,738 м³/т

У 2024 році продовжуться роботи по розконсервації північного борту кар'єру. Планується розпочати роботи по розконсервації горизонтів +48, +36, +24 м [12].

У 2021 році введено в експлуатацію пункт дробарно-перевантажувальний циклічно-потокової технології концентраційного горизонту -300 м конвейерного тракту «Східний». Заплановано демонтаж пункту дробарно-перевантажувального циклічно-потокової технології концентраційного горизонту -240 м конвейерного тракту «Західний».

У 2024 році з другого півріччя заплановано розпочати роботи по розконсервації рудного цілика горизонту -240 м.

Параметри системи розробки встановлені наступними документами, що розроблені на підприємстві та погоджені з генеральним проектувальником ДП «ДП «Кривбаспроект»:

- мінімальні розміри ширини робочих площадок, для умов кар'єру встановлені паспортами №2, 3, 9, 10, 11, 12 та приведені в таблиці 1.1;

- паспортами кар'єрних автодоріг для автосамоскидів БілАЗ-75131, САТ-785С, БілАЗ-75306, що експлуатуються на підприємстві та приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Мінімальна ширина робочих площадок для умов кар'єру ПРАТ «ІнГЗК»

| Тип екскаватора | Тип транспорту | По рудо-скельним породам | По наносним породам |
|--------------------------------------|--|--------------------------|---------------------|
| ЕКГ-8і, ЕКГ-10 | БілАЗ-75131, САТ-785С | ≥ 31 м. | ≥ 36 м. |
| ЕКГ-8і, ЕКГ-10, ЕКГ-12 | БілАЗ-75306 | $\geq 34,7$ м. | $\geq 40,8$ м. |
| НІТАСНІ-ЕХ-2500; НІТАСНІ-ЕХ-3600; | БілАЗ-75131, САТ-785С | ≥ 31 м. | $\geq 36,4$ м. |
| НІТАСНІ-ЕХ-2500; НІТАСНІ-ЕХ-3600; | БілАЗ-75306 | $\geq 34,7$ м. | $\geq 40,8$ м. |
| ЕКГ-8і, ЕКГ-10 | Електровоз ОПЕ-1АМ, думпкари 2ВС-105-115 | 31,5 м. | 32,3 м. |

Джерело: [12]

Таблиця 2.2 - Ширина транспортних берм для умов кар'єру ПРАТ «ІнГЗК»

| Тип автосамоскиду | По рудо-скельним породам | По наносним породам |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| БілАЗ-75131, САТ-785С | ≥ 26 м; | ≥ 28 м; |
| БілАЗ-75306 | ≥ 33 м; | $\geq 37,5$ м; |

Джерело: [12]

У склад комбінату входять основні об'єкти:

- Кар'єр з видобутку магнетитових залізистих кварцитів. Кар'єр, як структурна одиниця комбінату, складається з виробничих екскаваторних дільниць, бурової дільниці, дільниць з ремонту електроустаткування, загальноцехової дільниці, маркшейдерської та геологічної служби та служби нагляду за зсувом гірничих порід в кар'єрі та на відвалах.

- Цех технологічного автотранспорту, до складу якого входить дві технологічні автоколони (вантажопідйомність самоскидів 130-220 тонн), одна технологічна автоколони (вантажопідйомність самоскидів 30-45 тонн), автоколони спеціального автотранспорту, дорожня дільниця з будівництва та ремонту доріг в кар'єрі, дільниця внутрішньокар'єрного транспорту (тракторний парк).

- Дробильна фабрика, що працює за 4-х стадійною схемою дроблення, оснащена дробарками крупного дроблення ККД-1500/180, дробарками КРД-700/100, дробарками середнього дроблення КСД-2200/400 і дробарками дрібного дроблення КМД-2200/600. Заводи-виробники дробарок УЗТМ та НКМЗ. Технологічний процес здійснюється по циклічно-поточній технології.

Після дроблення руда крупністю 25-0 мм транспортується на РЗФ-1, крупністю 400-0 мм подається на РЗФ-2.

- Рудозбагачувальна фабрика №1 виробляє концентрат за трьохстадійною схемою кульового подрібнення на 10 секціях з попереднім збагаченням дрібно дробленої руди за технологією сухої магнітної сепарації (СМС).

- Рудозбагачувальна фабрика №2 виробляє концентрат ММС за двохстадійною схемою повного рудного самоподрібнення. До РЗФ входить виробнича дільниця з магнітно-флотаційного збагачення концентрату. Для підвищення якості готової продукції концентрат ММС подається на комплекс магнітно-флотаційного збагачення. Вміст заліза в концентраті МФЗ не менше 66,5 % (згідно з технологічною інструкцією). Цех оснащено флотомашинами РИФ, контактним чаном КЧ-30, насосами LCC-R300, LCC-

R200, LCC-M300, дешламаторами МД-9, вакуум-фільтрами ДОО-100, згущувачем СЦ 18.

- Цех технічної води і шламового господарства (ЦТВШГ) забезпечує процес збагачення руди технічною водою, гідравлічне транспортування і складування відходів збагачення. Цех оснащено пульпонасосними станціями (ПНС), обладнаними землесосними агрегатами виробництва «Уралгідромаш» (Росія) марки 2ГРТ 8000/71 і високопродуктивними агрегатами виробництва США марки LHD-49 і HHD-76.

Розчистка від шламів аварійної ємності, яка існує для технологічних та аварійних скидів пульпи для стабілізації роботи комбінату, здійснюється земснарядом «Гідромех 4000 Е».

Стаціонарна насосна станція (СНС) забезпечує подачу необхідного для виробництва обсягу води. СНС обладнана насосами марки 24 НДС.

Для підтримання виробничої потужності комбінату з виробництва концентрату у липні 2007 р. введена в експлуатацію 2-а черга шламосховища («Західна карта»), що дозволяє укладати шлами збагачення, які утворюються під час виробництва концентрату. Заповнення нового шламосховища виконується за проектом паралельної роботи шламосховищ першої та другої черги.

- Залізничний цех – виконує вивозку розкривних порід з кар'єру (дільниця кар'єрного транспорту) та відвантаження концентрату зі складу готової продукції і відправку його на станцію «Інгулець-Новий» (зовнішній транспорт).

Ритмічну роботу комбінату забезпечують допоміжні цехи:

Автотранспортний цех, Цех підготовки виробництва, Цех мереж і підстанцій та інші.

Розділ 3. РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ І ЇЇ ПОРІВНЯННЯ З ПОТОЧНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

3.1 Аналіз альтернативних варіантів типорозміру екскаваторів

На родовищі використовується 5 різних екскаваторів: ЕКГ-8і, ЕКГ-10, ЕКГ-12, НІТАСНІ-ЕХ-2500, НІТАСНІ-ЕХ-3600. Пропонується провести порівняльний аналіз поточної техніки та ймовірних аналогів в рівносильних умовах, задля отримання найбільш економічних та продуктивних варіантів техніки.

1. Технологічні характеристики поточної техніки.


➤ ЕКГ-8і - кар'єрний гусеничний екскаватор, розроблений у СРСР для виконання важких гірничих робіт. Призначений для розробки ґрунтів та корисних копалин. Загальні характеристики: Тип екскаватора: одноковшовий, гусеничний, повноповоротний. Призначення: розробка ґрунтів та корисних копалин. Експлуатаційна вага: 373 тонн. Довжина: ~15,5м. Ширина: ~6,5м. Висота: ~7,5 м. Робоче обладнання: пряма лопата. Місткість ковша: 8 м³. Максимальна глибина копання: ~8,5 м. Максимальна висота розвантаження: ~10,5 м. Радіус копання: ~14,5 м. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: 1,2 м. Тиск на ґрунт: ~0,25 МПа. Потужність двигуна: ~750 к.с. (близько 560 кВт). Продуктивність: до 1000 м³/год (залежно від умов роботи). Тип керування: механічне або електромеханічне [13]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали, 500 грн. , амортизація 300 грн., заробітна платня 200 грн.) 1000 грн/год.

➤ ЕКГ-10 - кар'єрний гусеничний екскаватор, що випускався в СРСР. Він призначений для розробки ґрунтів та корисних копалин. Загальні характеристики: Тип екскаватора: одноковшовий, гусеничний, повноповоротний. Призначення: розробка ґрунтів та корисних копалин. Експлуатаційна вага: 395 тонн. Довжина: ~15,5м. Ширина: ~6,5м. Висота:

~7,5 м. Робоче обладнання: пряма лопата. Місткість ковша: 10 м³. Максимальна глибина копання: ~8,5 м. Максимальна висота розвантаження: ~10 м. Радіус копання: ~14 м. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: 1,2 м. Тиск на ґрунт: ~0,25 МПа. Потужність двигуна: ~500 к.с. (близько 370 кВт). Продуктивність: до 1000 м³/год (залежно від умов роботи). Тип керування: механічне або електромеханічне [14]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 600 грн., амортизація 400 грн., заробітна платня 200 грн.) 1200 грн/год.

➤ ЕКГ-12 - кар'єрний гусеничний екскаватор, розроблений в СРСР для виконання важких гірничих робіт. Призначений для розробки ґрунтів та корисних копалин. Загальні характеристики: Тип екскаватора: одноковшовий, гусеничний, повноповоротний. Призначення: розробка ґрунтів та корисних копалин. Експлуатаційна вага: 410 тонн. Довжина: ~16,5м. Ширина: ~7,5м. Висота: ~8,5 м. Основне обладнання: пряма лопата. Місткість ковша: 12 м³. Максимальна глибина копання: ~9,5 м. Максимальна висота розвантаження: ~11,5 м. Радіус копання: ~16,5 м. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: ~1,5м. Тиск на ґрунт: ~0,3 МПа. Потужність двигуна: ~1000 к.с. (близько 750 кВт). Продуктивність: до 1500 м³/год (залежно від умов роботи). Тип керування: механічне або електромеханічне [15]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 700 грн., амортизація 500 грн., заробітна платня 200 грн.) 1400 грн/год.

➤ HITACHI-EX-2500 - великогабаритний гідравлічний екскаватор, призначений для важких робіт у кар'єрах, гірничодобувній промисловості та великому будівництві, вироблений в Японії. Загальні характеристики: Тип екскаватора: гусеничний, гідравлічний, повноповоротний. Експлуатаційна маса: 249 тонн (залежить від конфігурації). Довжина: ~15,5м. Ширина: ~6,6 м. Висота: ~7,5 м. Місткість ковша: 10–15 м³ (залежно від моделі та конфігурації). Максимальна глибина копання: ~8,5 м. Максимальна висота розвантаження: ~10,5 м. Максимальний радіус копання: 14,5 м. Зусилля



копання: ~1200 кН. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: 1,2 м. Тиск на ґрунт: ~0,25 МПа. Тип двигуна: дизельний. Модель двигуна: Cummins або аналогічний. Потужність двигуна: ~1250 к.с. (близько 930 кВт). Витрати палива 33 л/год (дизель), або 860 кВт/ч (електричний). Продуктивність: до 1500 м³/год (залежно від умов роботи та конфігурації ковша). Тип гідравліки: високопродуктивна, з електронним керуванням. Тиск у гідравлічній системі: ~35 МПа. Тип керування: електронно-гідравлічне з можливістю автоматизації процесів. Кабіна оператора: комфортабельна, з кондиціонером, шумоізоляцією та ергономічним керуванням [16]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 1000 грн., амортизація 800 грн., заробітна платня 300 грн.) 2100 грн/год.

➤ HITACHI-EX-3600 - надвеликий гідравлічний екскаватор, призначений для важких робіт у кар'єрах та гірничодобувній промисловості. Він є одним із найпотужніших екскаваторів у лінійці Hitachi. Загальні характеристики: Тип екскаватора: гусеничний, гідравлічний, повноповоротний. Експлуатаційна маса: 361 тонн (залежить від конфігурації). Довжина: ~16,5м. Ширина: ~7,5м. Висота: ~8,5 м. Місткість ковша: 15–22 м³ (залежно від моделі та конфігурації). Максимальна глибина копання: ~9,5 м. Максимальна висота розвантаження: ~11,5 м. Максимальний радіус копання: 16,5 м. Зусилля копання: ~1800 кН. Тип двигуна: дизельний. Модель двигуна: Cummins QSK60 чи аналогічний. Потужність двигуна: ~1900 к.с. (близько 1400 кВт). Витрати палива 45 л/год. Продуктивність: до 2500 м³/год (залежно від умов роботи та конфігурації ковша). Тип гідравліки: високопродуктивна, з електронним керуванням. Тиск у гідравлічній системі: ~35 МПа. Тип керування: електронно-гідравлічне з можливістю автоматизації процесів. Кабіна оператора: комфортабельна, з кондиціонером, шумоізоляцією та ергономічним керуванням [17]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 1500 грн., амортизація 1200 грн., заробітна платня 300 грн.) 3000 грн/год.

2. Технологічні характеристики ймовірних аналогів техніки

➤ Komatsu PC3000 - вироблений в Японії. Загальні характеристики: Експлуатаційна вага: ~300 тонн. Довжина: ~15,5м. Ширина: ~6,6 м. Висота: ~7,5 м. Місткість ковша: до 18 м³ (залежно від конфігурації). Максимальна глибина копання: ~9 м. Максимальна висота розвантаження: ~10,5 м. Максимальний радіус копання: 16 м. Зусилля копання: ~1800 кн. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: 1,2 м. Тиск на ґрунт: ~0,25 МПа. Тип двигуна: дизельний (Komatsu SDA16V160E-2 або аналогічний). Потужність двигуна: ~1500 к.с. (1120 кВт). Витрата палива: ~33 л/год. Тип гідравліки: високопродуктивна, з електронним керуванням. Тиск у гідравлічній системі: ~35 МПа. Продуктивність: до 2000 м³/год (залежно від умов роботи та конфігурації ковша). Тип керування: електронно-гідравлічне з можливістю автоматизації процесів. Кабіна оператора: комфортабельна, з кондиціонером, шумоізоляцією та ергономічним керуванням [18]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 1500 грн., амортизація 1200 грн., заробітна платня 300 грн.) 3000 грн/год.

➤ Liebherr R 9150 - великогабаритний гідравлічний екскаватор, розроблений компанією Liebherr (Швейцарія) для важких робіт у кар'єрах, гірничодобувній промисловості та великому будівництві. Він поєднує в собі високу продуктивність, надійність та сучасні технології. Загальні характеристики: Тип екскаватора: гусеничний, гідравлічний, повноповоротний. Експлуатаційна маса: ~150 тонн (залежить від конфігурації). Габарити: Довжина: ~13,5м. Ширина: ~5,5м. Висота: ~7,5 м. Місткість ковша: 7–10 м³ (залежно від конфігурації). Максимальна глибина копання: ~8,5 м-. Максимальна висота розвантаження: ~10 м. Максимальний радіус копання: 14,5 м. Зусилля копання: ~1200 кн. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: 1,2 м. Тиск на ґрунт: ~0,2 МПа. Тип двигуна: дизельний (Liebherr або Cummins). Потужність двигуна: ~1100 к.с. (820 кВт).

Витрата палива: ~28 л/год (залежно від навантаження). Тип гідравліки: високопродуктивна, з електронним керуванням. Тиск у гідравлічній системі: ~35 МПа. Продуктивність: до 1400 м³/год (залежно від умов роботи та конфігурації ковша). Тип керування: електронно-гідравлічне з можливістю автоматизації процесів. Кабіна оператора: комфортабельна, з кондиціонером, шумоізоляцією та ергономічним керуванням [19]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 1200 грн., амортизація 1000 грн., заробітна платня 300 грн.) 2500 грн/год.

➤ Caterpillar 6015B - великогабаритний гідравлічний екскаватор, розроблений компанією Caterpillar (США) для важких робіт у кар'єрах, гірничодобувній промисловості та великому будівництві. Він поєднує в собі високу продуктивність, надійність та сучасні технології. Загальні характеристики: Тип екскаватора: гусеничний, гідравлічний, повноповоротний. Експлуатаційна маса: ~150 тонн (залежить від конфігурації). Габарити: Довжина: ~13,5м. Ширина: ~5,5м. Висота: ~7,5 м. Місткість ковша: 8–12 м³ (залежно від конфігурації). Максимальна глибина копання: ~8 м. Максимальна висота розвантаження: ~10 м. Максимальний радіус копання: 14 м. Зусилля копання: ~1200 кн. Тип ходової частини: гусенична. Ширина гусениць: 1,2 м. Тиск на ґрунт: ~0,2 МПа. Тип двигуна: дизельний (Caterpillar С27 або аналогічний). Потужність двигуна: ~900 к.с. (671 кВт). Витрата палива: ~22 л/год (залежно від навантаження). Тип гідравліки: високопродуктивна, з електронним керуванням. Тиск у гідравлічній системі: ~35 МПа. Продуктивність: до 1300 м³/год (залежно від умов роботи та конфігурації ковша). Тип керування: електронно-гідравлічне з можливістю автоматизації процесів. Кабіна оператора: комфортабельна, з кондиціонером, шумоізоляцією та ергономічним керуванням [20]. Затрати на експлуатацію (обслуговування та матеріали 1000 грн., амортизація 800 грн., заробітна платня 300 грн.) 2100 грн/год.

3. Показниковий аналіз поточних екскаваторів з ймовірними аналогами

Продуктивність екскаватора залежить від його типу, обсягу ковша, часу циклу та коефіцієнта використання. Формула для розрахунку продуктивності екскаватора:

$$Q = \frac{3600 * V * k_{\text{заповнення}} * k_{\text{часу}}}{t_{\text{цикла}}}, \quad (3.1)$$

Q - продуктивність, м / год; V – об'єм ковша, м³; k_{заповнення} - Коефіцієнт заповнення ковша (0,8-0,9); k_{часу} - Коефіцієнт використання часу (0,7-0,8); t_{циклу} - Час циклу, сек.

Таблиця 3.1 - Розрахунок продуктивності поточних екскаваторів та ймовірних аналогів

| Модель | Об'єм ковша, м ³ | Час циклу, сек | Продуктивність м ³ /час | Продуктивність м ³ /день | Продуктивність м ³ /рік |
|-----------------|-----------------------------|----------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| ЕКГ-8і | 8 | 30 | $\frac{3600 * 8 * 0,85 * 0,75}{30} = 612$ | 612 * 24 = 14688 | 14688 * 365 = 5361120 |
| ЕКГ-10 | 10 | 30 | $\frac{3600 * 10 * 0,85 * 0,75}{30} = 765$ | 765 * 24 = 18360 | 18360 * 365 = 6701400 |
| ЕКГ-12 | 12 | 30 | $\frac{3600 * 12 * 0,85 * 0,75}{30} = 918$ | 918 * 24 = 22032 | 22032 * 365 = 8041680 |
| Hitachi EX-2500 | 15 | 25 | $\frac{3600 * 15 * 0,85 * 0,75}{25} = 1337$ | 1337 * 24 = 32088 | 32088 * 365 = 11712120 |
| Hitachi EX-3600 | 22 | 25 | $\frac{3600 * 22 * 0,85 * 0,75}{25} = 2019$ | 2019 * 24 = 48456 | 48456 * 365 = 17686440 |

Продовження таблиці 3.1

| Модель | Об'єм ковша, м ³ | Час циклу, сек | Продуктивність м ³ /час | Продуктивність м ³ /день | Продуктивність м ³ /рік |
|----------------|-----------------------------|----------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| Komatsu PC3000 | 18 | 25 | $\frac{3600 * 18 * 0,85 * 0,75}{25} = 1652$ | 1652 * 24 = 39648 | 39648 * 365 = 14471520 |

| | | | | | |
|-------------------|----|----|---------------------------------------|-------------------|------------------------|
| Liebherr R 9150 | 10 | 20 | $\frac{3600*10*0,85*0,75}{20} = 1148$ | $1148*24 = 27552$ | $27552*365 = 10056480$ |
| Caterpillar 6015B | 12 | 25 | $\frac{3600*12*0,85*0,75}{25} = 1102$ | $1102*24 = 26448$ | $26448*365 = 9653520$ |

Джерело: складено автором

Економічність екскаватора залежить від его затрат на паливо, експлуатаційних затрат та питомих затрат на 1 м³.

$$Z_e = C_e * V_e, \quad (3.2)$$

Z_e - затрати на електроенергію, грн/год; C_e - ціна на електроенергію, грн/квт.ч. (8 грн.); V_e - витрати електроенергію, квт.ч./год.

Таблиця 3.2 - Розрахунок експлуатаційних затрат, поточних екскаваторів та ймовірних аналогів

| Модель | Витрати електроенергію, квт.ч/год | Затрати на електроенергію, грн/год | Затрати на електроенергію, грн/день | Затрати на електроенергію, грн/рік |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| ЕКГ-8i | 18 | $8*400 = 3200$ | $3200*24 = 76800$ | $76800*365 = 28032000$ |
| ЕКГ-10 | 22 | $8*630 = 5040$ | $5040*24 = 120960$ | $120960*365 = 44150400$ |
| ЕКГ-12 | 28 | $8*800 = 6400$ | $6400*24 = 153600$ | $153600*365 = 56064000$ |
| Hitachi EX-2500 | 33 | $8*1120 = 8960$ | $8960*24 = 215040$ | $215040*365 = 78489600$ |

Продовження таблиці 3.2

| Витрати електроенергію, квт.ч/год | Затрати на електроенергію, грн/год | Затрати на електроенергію, грн/день | Затрати на електроенергію, грн/рік | Витрати електроенергію, квт.ч/год |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|

| | | | | |
|-------------------|----|------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Hitachi EX-3600 | 45 | $8 \cdot 1450 = 11600$ | $11600 \cdot 24 = 278400$ | $278400 \cdot 365 = 101616000$ |
| Komatsu PC3000 | 33 | $8 \cdot 1200 = 9600$ | $9600 \cdot 24 = 230400$ | $230400 \cdot 365 = 84096000$ |
| Liebherr R 9150 | 28 | $8 \cdot 1000 = 8000$ | $8000 \cdot 24 = 192000$ | $192000 \cdot 365 = 70080000$ |
| Caterpillar 6015B | 22 | $8 \cdot 1100 = 8800$ | $8800 \cdot 24 = 211200$ | $211200 \cdot 365 = 77088000$ |

Джерело: складено автором

Таблиця 3.3 - Розрахунок експлуатаційних затрат, поточних екскаваторів та ймовірних аналогів, частина 2

| Модель | Експлуатаційні затрати, грн | Експлуатаційні затрати, грн/день | Експлуатаційні затрати, грн/рік |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| ЕКГ-8і | 1000 | $1000 \cdot 24 = 24000$ | $24000 \cdot 365 = 8760000$ |
| ЕКГ-10 | 1200 | $1200 \cdot 24 = 28800$ | $28800 \cdot 365 = 10512000$ |
| ЕКГ-12 | 1400 | $1400 \cdot 24 = 33600$ | $33600 \cdot 365 = 12264000$ |
| Hitachi EX-2500 | 2100 | $2100 \cdot 24 = 50400$ | $50400 \cdot 365 = 18396000$ |
| Hitachi EX-3600 | 3000 | $3000 \cdot 24 = 72000$ | $72000 \cdot 365 = 26280000$ |
| Komatsu PC3000 | 3000 | $3000 \cdot 24 = 72000$ | $72000 \cdot 365 = 26280000$ |
| Liebherr R 9150 | 2500 | $2500 \cdot 24 = 60000$ | $60000 \cdot 365 = 21900000$ |
| Caterpillar 6015B | 2100 | $2100 \cdot 24 = 50400$ | $50400 \cdot 365 = 18396000$ |

Джерело: складено автором

Загальні витрати, грн/рік :

$$Z_{\text{рік}} = Z_e + Z_{\text{експлуатація}} \quad (3.3)$$



$Z_{\text{рік}}$ - Загальні затрати на рік, грн/рік; Z_e - затрати на електроенергію, грн/год; $Z_{\text{експлуатація}}$ - затрати на експлуатацію (амортизація, обслуговування, заробітна платня), грн/рік.

Питомі витрати на 1 м³:

$$Z_{\text{пит}} = \frac{Z_{\text{рік}}}{Q_{\text{рік}}}, \quad (3.4)$$

$Z_{\text{пит}}$ - Питомі витрати на 1 м³, грн/м³; $Z_{\text{рік}}$ - Загальні затрати на рік, грн/рік;
 $Q_{\text{рік}}$ - продуктивність, м/рік.

Таблиця 3.4 - Розрахунок загальних затрати на рік та питомих витрат на 1 м³, поточних екскаваторів та ймовірних аналогів

| Моделі | Загальні витрати, грн/рік | Продуктивність м ³ /рік | Питомі витрати на 1 м ³ , грн/м ³ |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| ЕКГ-8і | 28032000+8760000 = 36792000 | 5361120 | 36792000/5361120 = 6,86 |
| ЕКГ-10 | 44150400+10512000 = 54662400 | 6701400 | 54662400/6701400 = 8,16 |
| ЕКГ-12 | 56064000+12264000 = 68328000 | 8041680 | 68328000/8041680 = 8,50 |
| Hitachi EX-2500 | 78489600+18396000 = 96885600 | 11712120 | 96885600/11712120 = 8,27 |
| Hitachi EX-3600 | 101616000+26280000 = 127896000 | 17686440 | 127896000/17686440 = 7,23 |

Продовження таблиці 3.4

| Моделі | Загальні витрати, грн/рік | Продуктивність м ³ /рік | Питомі витрати на 1 м ³ , грн/м ³ |
|--------|------------------------------|---------------------------------------|--|
|--------|------------------------------|---------------------------------------|--|

| | | | |
|-------------------|---------------------------------|----------|-----------------------------|
| Komatsu PC3000 | $84096000+26280000 = 110376000$ | 14471520 | $110376000/14471520 = 7,63$ |
| Liebherr R 9150 | $70080000+21900000 = 91980000$ | 10056480 | $91980000/10056480 = 9,15$ |
| Caterpillar 6015B | $77088000+18396000 = 95484000$ | 9653520 | $95484000/9653520 = 9,89$ |

Джерело: складено автором

Проведено порівняльний аналіз п'яти моделей екскаваторів, що використовуються на родовищі та 3 ймовірних аналогів. Найбільш ефективними є HITACHI EX-3600 та Komatsu PC3000, які мають найвищу продуктивність до 17686440 м³/рік та 14471520 відповідно, та оптимальні питомі витрати 7,23 грн/м³ та 7,63 грн/м³ відповідно. Однак ці моделі мають найвищі експлуатаційні витрати – 127896000 грн/рік (Hitachi EX-3600) та 110376000 грн/рік (Komatsu PC3000). Найбільш економний варіантом є ЕКГ-8і, при найнижчій загальній продуктивності 5361120 м³/рік, має найліпший показник питомих витрат 6,86 грн/м³. При виборі техніки необхідно враховувати комплекс показників: продуктивність, витрати на експлуатацію та специфіку робочих умов. Альтернативні моделі, такі як Caterpillar 6015B та Liebherr R 9150, демонструють хороші показники продуктивності (до 9653520 м³/рік та 10056480 м³/рік відповідно) при надмірних експлуатаційних витратах (95484000 грн/рік та 91980000 грн/рік відповідно). Вибір конкретної моделі повинен базуватись на детальному техніко-економічному обґрунтуванні з урахуванням всіх факторів виробництва.

3.2 Втрати і засмічення корисних копалин за звітний період і розраховані їх значення на плановий період

Нормування показників використання надр при видобутку здійснюється з урахуванням гірничо-геологічних, технологічних і економічних умов

розробки родовища чи окремих його ділянок. При веденні гірничих робіт експлуатаційні втрати і засмічення відбуваються головним чином при відпрацьовуванні контактів рудних тіл з пустими вміщуючими породами, котрі представлені окисленими залізистими кварцитами PR1sx5f, сланцями PR1sx3s і PR1sx4s, магнетит-силікатними кварцитами приконтатної зони PR1sx2f-1.

Розрахунок втрат і засмічення здійснюється відповідно до галузевої інструкції «По визначенню, урахуванню і нормуванню втрат руди при розробці залізорудних, марганцевих і хромітових родовищ на підприємствах міністерства чорної металургії СРСР» (1975 р.)

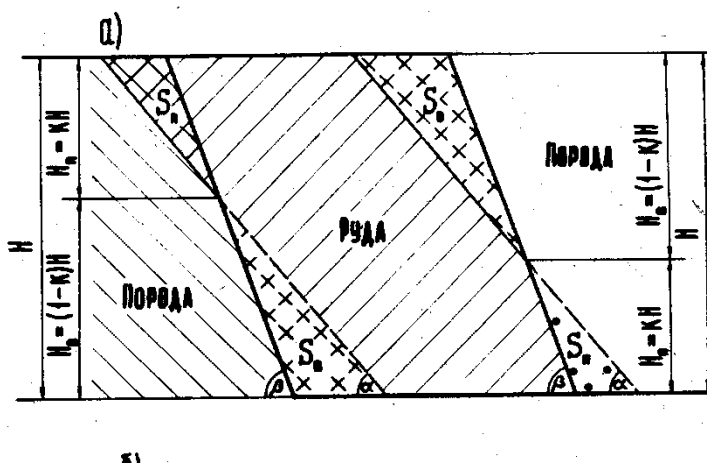


Рисунок 3.1 - Відпрацювання контакту згідним забоєм

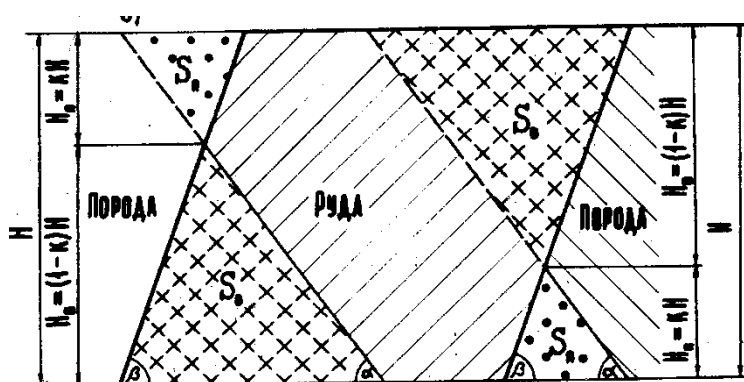


Рисунок 3.2- Відпрацювання контакту незгідним забоєм

Кількість втрат (П) та порід, що засмічують руду (В), визначається за формулами:

$$\Pi = \frac{1}{2} k^2 H^2 l \gamma_n (\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta), \quad (3.5)$$

$$B = \frac{1}{2} (1-k)^2 H^2 l \gamma_b (\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta), \quad (3.6)$$

де :

γ_b - об'ємна щільність втраченої руди, т/м³ (2,7 т/м³);

γ_n - об'ємна щільність і порід, що засмічують руду т/м³ (2,0 т/м³);

$$k = H_n / H, \quad (3.7)$$

$$k = 10/15 = 0.667$$

H_n - висота рудної частини відкосу уступу, м (10 м);

H - висота уступу, м (15 м);

l - довжина контакту між засмічуючими породами та рудою, м (100 м);

β - кут, укосу уступу, град. (60°);

α - кут, падіння покладу, град (45°).

У 2024 році обсяг видобутку руди на Інгулецькому ГЗК становив близько 18 мільйонів тонн на рік ($Q = 18$ млн.т.).

Розрахунок кутів:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} 60^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.557$$

$$\operatorname{ctg} \beta = \operatorname{ctg} 45^\circ = 1$$

$$\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta = 0.557 - 1 = -0.423$$

Розрахунок втрат (П) і засмічення (В):

Втрати (П):

$$\Pi = \frac{1}{2} * k^2 * H^2 * l * \gamma_n * (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} * (0.667)^2 * (15)^2 * 100 * 2 * (-0.423)$$

$$\Pi = 0.460 \text{ млн.т.} = 0.460/18*100\% \approx 2.56 \%$$

Засмічення (В):

$$B = \frac{1}{2} * (1 - k)^2 * H^2 * l * \gamma_b * (\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta)$$

$$B = \frac{1}{2} * (1 - 0.667)^2 * (15)^2 * 100 * 2.7 * (-0.423)$$

$$B = 1.235 \text{ млн.т.} = 1.235/18*100\% \approx 6.86 \%$$

Розраховано показники втрат та засмічення корисних копалин на 2024 рік, які становлять 2.56% та 6.86% відповідно. Ці значення набули за методикою галузевої інструкції 1975 року з урахуванням геологічних особливостей родовища. Основні втрати відбуваються при відпрацюванні контактів рудних тіл із вміщуючими породами через технологічні особливості добутку. Для зниження втрат необхідно оптимізувати параметри системи розробки, зокрема кути укосу уступів і висоту рудної частини укосу. Прогнозується, що заплановані заходи дозволять підтримувати поточні показники втрат на оптимальному рівні, забезпечуючи ефективне використання родовища при дотриманні економічної доцільності видобутку.

Розділ 4. ЗАХОДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ І ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

У розділі наведені основні заходи з охорони праці і промислової безпеки, що стосується роботи Інгулецького кар'єру, представлені заходи з забезпечення охорони праці під час ведення гірничих робіт та звіти про їх виконання за поточний період, показники контрольної-профілактичної роботи з охорони праці та рівня виробничого травматизму і профзахворювання робітників комбінату у порівнянні з попередніми періодами.

Як показали дослідження, проведені НДІБПГ і іншими організаціями, на глибоких залізородних кар'єрах Криворіжжя, які на цей час досягли глибин 350-400 м, має місце формування прямої (під час північного вітру) і прямо-рециркуляційної схем природного провітрювання (під час південного, східного та західного напрямів вітру), при цьому сприятливішими вважаються східні і західні напрями.

Запилення і загазованість повітря вище за ПДК може мати локальний прояв в місцях скупчення автосамоскидів в траншеях, з'їздах і на нижніх горизонтах, розташованих в зонах зворотних потоків під час швидкості вітру на поверхні менше 1,0 м/с, а під час застосування засобів пилогазоподавлення - при швидкості вітру менше 0,5 м/с. Вірогідність настання таких періодів не перевищує 10-15%, тобто 35-50 днів на рік тривалістю не більше 2-х годин. В якості засобів пилоподавлення використовуються гідромонітори на базі автосамоскидів БіЛАЗ (зрошення екскаваторних вибоїв, перевантажувальних пунктів, автодоріг в кар'єрі і на відвалах) та система водного зрошення (під час ведення бурових робіт).

Загальне забруднення атмосфери кар'єру у зв'язку з відсутністю тривалих штилів (більше 10 год.) незначне і необхідності в застосуванні загальнокар'єрної штучної вентиляції не має.

За наглядом стану відвалів і бортів кар'єру організована спеціальна служба за зсувом порід.

Для безпечної роботи автомобільного транспорту передбачається виконання наступних нормативних вимог:

- для запобігання скачуванню автомобілів під укіс влаштовується захисний вал з скельних порід, висота якого складає не менше 1/2 від висоти колеса розрахункового автомобіля;

- план і поздовжній профіль автодоріг, ширина їх проїжджої частини, елементи земляного полотна і ширина узбіч запроектовані відповідно до вимоги норм технологічного проектування, СНіП «Промисловий транспорт» і «Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалини відкритим способом» (НПАОП 0.00-1.24-10) [21];

- з метою запобігання обваленню гірничих порід під час руху автотранспорту при проектуванні з'їздів автомобілів з горизонту на горизонт і автодоріг по горизонтах враховується призма обвалення;

- передбачена установка стандартних дорожніх знаків на дорогах відповідно до діючих «Правил дорожнього руху»;

- рух навантажених автосамоскидів до корпусу крупного дроблення і на перевантажувальні майданчики передбачено на підйом;

- перевезення людей в кар'єрі здійснюється спеціалізованим транспортом за маршрутами та в часи, затвердженими керівництвом комбінату.

На залізничному транспорті ширина колії, ухили залізничних колій, а також тип верхньої будови колій приймаються відповідно до Норм технологічного проектування, СНіП «Промисловий транспорт» і «Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалини відкритим способом» (НПАОП 0.00-1.24-10) [21].

Залізничні колії обладнані пристроями СЦБ і зв'язку, що забезпечують безпеку роботи.

Окрім вказаного, для запобігання аваріям на залізничному транспорті:

- введена в структуру залізничного цеху служба колії та машини і механізми для контролю за станом залізничних колій і стрілочних переводів і виконує ремонтні роботи по їх підтримці в справному стані;


- організація роботи транспорту по навантаженню в забої, перевантажувальному майданчику і на відвалі відповідає робочим паспортам, затвердженим керівництвом комбінату.

Аварійна ситуація в кар'єрі можлива під час зливових опадів. Для запобігання аварійним ситуаціям в цьому випадку водозбірною ємкістю для прийому зливових вод служить нижній горизонт (дно кар'єру). Відповідно до технології проведення гірничих робіт, прийнятої проектом, допустиме підтоплення нижнього горизонту, як вимушена необхідність, у зв'язку з відсутністю інших можливостей акумуляції зливових вод. Тимчасове припинення проведення гірничих робіт на нижньому горизонті на період відкачування зливових вод протягом 8-10 діб не відіб'ється на загальних обсягах видобутку руди.

З метою запобігання розповсюдження пожежі, у разі її виникнення, розташування усіх промислових будівель і споруд, щодо один одного, виконано з дотриманням необхідних протипожежних розривів, забезпеченням під'їздів до будівель і проїздів між ними. Гірничотранспортне обладнання, робочі місця, будівлі та споруди обладнані первинними засобами пожежогасіння відповідно до нормативів.

Виконання буровибухових робіт в кар'єрі проводиться відповідно до спеціальних типових проектів, затверджених керівництвом комбінату, в яких передбачаються заходи безпеки і виведення працівників за межі вибухонебезпечної зони на момент вибуху.

Основні параметри вибухових робіт прийняті згідно з рекомендаціями інституту НДГРІ. Виконання цих рекомендацій дозволяє проводити вибухові роботи з обмеженою загальною масою вибухових речовин, що зменшує



сейсмічний вплив та вплив ударної повітряної хвилі на промислові будівлі і споруди, об'єкти комплексу ЦПТ та забезпечує стійкість бортів кар'єру.

У зв'язку з наявністю на окремих ділянках бортів зон тріщин, можлива вірогідність виникнення деформацій укосів уступів в кар'єрі, тому передбачено виконання систематичного маркшейдерського гідрогеологічного контролю їх стану. Існуюча мережа маркшейдерських наглядних станцій дозволяє виявляти зони розвитку деформаційних процесів і своєчасно попереджати їх розвиток.

Для створення безпечних умов роботи постійних бортів передбачається систематичне очищення запобіжних берм за допомогою бульдозерів або транспортних навантажувачів. Під час погашення уступів залишаються запобіжні берми шириною не менше 5 м, що забезпечує їх очищення і безпечні умови роботи.

З метою створення комфортних умов для обслуговуючого персоналу екскаваторів, бурових станків і бульдозерів застосовуються пристрої з вібро та шумопоглинаючих прокладок під сидіннями машиністів, виконується герметизація кабін екскаваторів, бульдозерів і бурових станків і облаштування їх кондиціонерами.

У районі північного борту кар'єру знаходяться ділянки, вироблені підземними гірничими виробками, зони обвалення і зони можливого утворення воронк шахтними полями в межах проектного контуру кар'єру шахтою «Центральна». Вказані ділянки відносяться до екстремальних зон по нестійкості їх порід. Гірничі роботи в таких умовах виконуються, виходячи з умов забезпечення стійкості бортів, суть яких полягає в наступному:

- виносяться в натуру положення колишніх стволів шахт і шурфів, встановлюються їх огороження;
- в процесі розкривних робіт розконсервовані стволи і шурфи підлягають негайному повному заповненню скельними породами.




- у разі виявлення високого рівня води у виробках необхідно провести її відкачування з метою осушення зони обвалення;

- при підході відкритих гірничих робіт до підземних відкотних і підготовчих виробок можливе обвалення їх покрівлі. З метою запобігання вказаних обвалень, необхідно у кожному конкретному випадку встановити абсолютну відмітку кривлі виробок і розташовувати підшву уступів борту кар'єру не менше чим на 6-8 м вище за неї або на відмітці підшви виробки;

Кар'єр є підрозділом, що діє у складі гірничо-збагачувального комбінату. Штат трудящих кар'єру забезпечується санітарно-побутовими приміщеннями, відповідно нормативам.

Працівники ПРАТ «ІНГЗК» забезпечуються в повному обсязі спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту згідно з «Нормами безоплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту працівників гірничодобувної промисловості», затвердженими наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 21.08.2008р. №184, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 10.09.2008р. за №832/155. Видача працівникам і повернення ними ЗІЗ обліковується в особистій картці обліку спеціального одягу, спеціального взуття та інших ЗІЗ. На підприємстві дотримуються загальних вимог до засобів індивідуального захисту, встановленими НПАОП 0.00-17-18 «Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці». працівники забезпечені: ізолюючими штангами, ізолюючими та електровимірювальними кліщами, покажчиками напруги, діелектричними рукавичками, діелектричними ботами, діелектричними килимками, ізолюючими підставками. Їхнє випробування виконується власною електротехнічною лабораторією [22].

Медичне обслуговування трудящих здійснюється у ТОВ «МЕДИКОМ КРИВБАС», оздоровчих пунктах адміністративно-побутових комбінатів



Кар'єра, ЦТА, ЗЦ та РЗФ-1, на промисловому майданчику ПРАТ «ІНГЗК» і в медичних установах житлового масиву Інгулець.

Відповідно до законодавства України про охорону праці передбачається організація професійно-технічної підготовки працівників з метою отримання ними знань з охорони праці і отримання необхідних навиків праці на робочих місцях відповідно до технологічного процесу виробництва, а також забезпечення їх санітарно-побутовим, медичним і оздоровчо-профілактичним обслуговуванням, забезпечення взуттям і спецодягом, створення нормальних умов праці на робочих місцях.

Виконуються і інші вимоги Правил безпеки, що стосуються дотримання вимог безпечної роботи в умовах кар'єру.

Відповідно до законодавства в сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки в ПРАТ «ІНГЗК» проведено ідентифікація та декларування об'єктів підвищеної небезпеки, розроблений План локалізації та ліквідації наслідків аварій, розроблені та затверджені в установленому порядку Плани ліквідації аварій в структурних підрозділах Кар'єр, ДФ (поверхня), РЗФ №1, РЗФ №2 та ЦТВШГ до 31.12.2023 р., (після укладання договору з ДГВРЗ ДСНС України, термін ПЛА буде подовжено до 31.08.2024) для підземної частини ДФ – 31.10.2023 року (на разі триває перегляд та узгодження ПЛА ЦПТ ДФ на наступний термін) Щороку, згідно затверджених графіків, проводяться навчання та тренування об'єктових формувань цивільного захисту та тренування персоналу, щодо оперативного сповіщення про виникнення аварійної ситуації, порядку евакуації персоналу та дій в умовах надзвичайної ситуації [23].

Забезпечення аварійно-рятувального обслуговування суб'єктів господарювання, відповідно до вимог статті 133 Кодексу Цивільного захисту та ст 29 Гірничого закону, виконується на підставі договору з ДГВРЗ ДСНС України на обов'язкове аварійно-рятувальне обслуговування. Додаткові послуги ДГВРЗ ДСНС з виконання замірів рівня загазованості рудничної

атмосфери після проведення масових вибухів та інше виконується в повному обсязі [24].

Виконуються заходи щодо обладнання об'єктів ПРАТ «ІНГЗК» системами протипожежного захисту, відповідно до діючого законодавства.

З метою забезпечення належних та безпечних умов праці на робочих місцях, забезпечення системного підходу в управлінні та координації діями щодо запобігання виникненню кризових ситуацій та мінімізації ризиків виникнення нещасних випадків з працівниками під час виконання робіт в умовах воєнного стану в Україні затверджено «Алгоритм реагування на інциденти і кризові ситуації воєнного характеру в ПРАТ «ІНГЗК». На території підприємства обладнані та функціонують 15 захисних споруд загальною ємністю 4200 чоловік. Згідно з наказом «Про безпеку працівників в умовах воєнного стану» розроблені такі заходи:

- Визначено плани евакуації працівників та інших осіб (підрядників, відвідувачів), що знаходяться на території підрозділів, до сховищ, інших укриттів у разі оголошення повітряної тривоги, артилерійських обстрілів та бомбардувань.

- По підрозділах визначено порядок організації обліку та консолідації інформації про перебування на робочих місцях персоналу (власного, підрядних організацій, відвідувачів).

- Забезпечено розміщення планів евакуації працівників до сховищ та Пам'ятки щодо поведінки персоналу на стендах, робочих місцях в структурних підрозділах та зупинках громадського транспорту.

- Організовано додаткове навчання з працівниками правил надання домедичної допомоги потерпілим від нещасних випадків та проведено протиаварійні тренування згідно з оперативною частиною ПЛА у разі раптового знеструмлення, припинення подачі енергоносіїв та відключень обладнання і систем та засобів автоматизації.



- Встановлені загальні правила поведінки працівників на території підприємства в умовах воєнного стану, дотримання яких є обов'язковими для забезпечення особистої безпеки і здоров'я, а також безпеки і здоров'я оточуючих людей – по діям працівників при сигналах повітряної тривоги, на випадок загрози вибухів, при масштабному мінуванню прилеглих територій, при розливі та отруєнні аміаком, при отруєнні хлором та азотною кислотою та дії при фосфорному бомбардуванні.


ВИСНОВКИ

У рамках даного курсового проєкту було проведено комплексний аналіз гірничо-геологічних умов та технологічних особливостей розробки Інгулецького родовища магнетитових кварцитів. Основними завданнями дослідження були: оцінка поточного стану розробки родовища, аналіз ефективності використання гірничотранспортного обладнання та визначення шляхів оптимізації виробничих процесів.

Проведений аналіз показав, що Інгулецьке родовище залишається одним із ключових джерел залізорудної сировини для металургійної промисловості України. Запаси магнетитових кварцитів у межах затвердженого проектного контуру кар'єру становлять 865,3 млн. тонн, при цьому середній вміст заліза у балансових запасах складає 33,82%. На 2024 рік планується видобуток 29,27 млн. тонн руди при коефіцієнті розкриття 0,738 м³/т.

Аналіз продуктивності та економічності роботи екскаваторів показав, що найбільш ефективними є великогабаритні гідравлічні екскаватори НІТАСНІ EX-3600 і Komatsu PC3000. Незважаючи на високі експлуатаційні витрати (до 3000 грн/год), вони демонструють найвищу продуктивність (до 1500 м³/год) та найнижчі питомі витрати на 1 м³ породи (2,60-2,80 грн/м³). Традиційні екскаватори типу ЕКГ-8і, ЕКГ-10 мають нижчу продуктивність (до 1000 м³/год), але й менші експлуатаційні витрати (1000-1200 грн/год).

Розрахунки втрат і засмічення корисних копалин показали, що на 2024 рік очікувані втрати балансових запасів становитимуть 2,56%, а засмічення руди пустими породами - 6,86%. Ці показники є допустимими і відповідають нормативним значенням для залізорудних родовищ. Втрати в основному відбуваються при відпрацюванні контактів рудних тіл з вміщуючими породами через технологічні особливості видобутку.



Особливу увагу приділено питанням охорони праці та промислової безпеки. Розроблено комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, зокрема:

- систематичне очищення запобіжних берм;
- контроль стійкості бортів кар'єру та відвалів;
- обладнання робочих місць засобами пилогазоподавлення;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- організація медичного обслуговування та навчання персоналу.

Екологічна складова проекту передбачає мінімізацію негативного впливу на довкілля за рахунок:

- впровадження систем водного зрошення;
- контролю запиленості повітря;
- рекультивації земель;
- моніторингу стану поверхневих і підземних вод.

Техніко-економічні розрахунки показали, що заплановані заходи щодо оптимізації технологічних процесів дозволять:

- знизити собівартість видобутку руди;
- підвищити якість добутої продукції;
- зменшити негативний вплив на навколишнє середовище;
- покращити умови праці.

Перспективними напрямками подальшого вдосконалення є:

- модернізація парку гірничотранспортного обладнання;
- впровадження автоматизованих систем управління;
- оптимізація параметрів системи розробки;
- удосконалення технології селективної виїмки руди.

Реалізація запропонованих заходів дозволить забезпечити стійке функціонування підприємства, підвищити його конкурентоспроможність та забезпечити екологічну безпеку ведення гірничих робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про кордон порід архею та протерозою Українського щита / Н. І. Дерябін // Доповіді Національної академії наук України. – 2009. – № 1. – С. 103-105. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2009_1_19
2. Природа Криворіжжя - ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА КРИВОРІЖЖЯ – КДПУ. КДПУ. URL: <https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizyko-heohrafichna-kharakterystyka/heolohiia/1239-heolohichna-budova-kryvorizhzhia.html> .
3. Геологічна будова природа кривого рога - 1775.dp.ua. Wayback Machine. URL: <https://web.archive.org/web/20150621163635/http://1775.dp.ua/priroda-s/geologicheskoe-stroenie> .
4. Петрохімія талькового горизонту криворізької серії/Є.А. Куліш, В.В. Покалюк, В.Г. Яценко // Мінералогічний журнал. — 2009. — Т. 31, № 3. — С. 39-54. — Бібліогр.: 37 назв. — рос.
5. Костенко М.М. Стратиграфія та кореляція розрізів докембрійського фундаменту центральної частини Українського щита. – Мін. ресурси України. – 2019. – № 4. – С. 11-16
6. Паранько І. С. Геологічна практика в Кривбасі. Вид. дім, 2011. URL: <https://doi.org/10.31812/123456789/4914> .
7. Паранько І. С. Історія геологічного розвитку території Криворіжжя / І. С. Паранько // Географічні дослідження Кривбасу. Фізична географія, економічна і соціальна географія, геоекологія, історична географія, викладання географії : матеріали кафедральних науково-дослідних тем. – Кривий Ріг, 2006. – Вип. 1. – С. 12–19.
8. Технологічна мінералогія гіпергенно змінених залізних руд Інгулецького родовища Криворізького басейну [] : автореф. дис.канд. геол. наук : 04.00.20 / Е.О.Беспояско ; Криворіз. техн. ун-т. - Кривий Ріг : [б. в.], 2005. - 20 с. - Б. ц.

9. Методичні рекомендації щодо змісту, оформлення і порядку подання на розгляд Державної комісії по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0293339-15#Text> .

10. Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до геолого-економічного вивчення ресурсів перспективних ділянок та запасів родовищ нафти і газу : Наказ Держ. коміс. України по запасах корис. копалин від 10.07.1998 № 46. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0475-98#Text> .

11. Звіт про результати роботи Департаменту державного геологічного контролю Державної служби геології та надр України за 2023 рік. *Державна служба геології та надр України*. URL: <https://www.geo.gov.ua/geokontrol/richni-zvity/> .

12. Звіт з науково-дослідної роботи «Аналіз і оптимізація рішень діючого «Проекту розвитку кар'єру в границях ліцензійної площі» з розширення контурів кар'єру і ПРАТ «ІНГЗК» з метою зниження собівартості видобувних і розкривних робіт». Кривий Ріг, 20. 143 с.

13. ЕКСКАВАТОР ЕКГ 8І. *Купівля, продаж, ремонт та гарантійне обслуговування екскаваторів: ЕКГ та ЕШ*. URL: <https://www.ekg.pl.ua/ekg8/i.htm>.

14. Характеристики екскаватора ЕКГ УЗГО ЕКГ-10. *Екскаватор-техніка та комтранс*. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/yzgo_ekg-10 .

15. Технічна характеристика кар'єрної мехлопати екг-12. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/8888418/page:3/> .

16. Технічні характеристики - EX 2500-6 Hitachi. *Lectura*. URL: <https://www.lectura-specs.com.ua/ua/model/budivel-na-tehnika/gusenichni-ekskautori-hitachi/ex-2500-6-1044167>.

17. EX3600 Large Excavators. *Global Network - Hitachi Construction Machinery*. URL: <https://www.hitachicm.com/eu/en/machinery/excavators/large-excavators/product.ex3600-7/> (date of access: 29.01.2025).

18. Surface mining excavator PC3000 characteristics. *Komatsu*. URL: <https://www.komatsu.com/en/products/excavators/surface-mining-excavators/pc3000-11/#specifications>.


19. R 9150 G7 - Liebherr. *Liebherr – international Group & family-run company - Liebherr*. URL: <https://www.liebherr.com/en-int/mining-equipment/equipment/mining-excavators/r9150-5392635> (date of access: 29.01.2025).

20. Caterpillar 6015B Hydraulic Excavator. *RitchieSpecs Equipment Specs & Dimensions*. URL: <https://www.ritchiespecs.com/model/caterpillar-6015b-hydraulic-excavator> (date of access: 29.01.2025).

21. Про затвердження Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом : Наказ Держ. ком. України з пром. безпеки, охорони пр. та гірн. нагляду від 18.03.2010 № 61 : станом на 23 берез. 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-10#Text> .

22. НПАОП 0.00-3.10-08 Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам гірничодобувної промисловості. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України*. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25716 .

23. Про затвердження Інструкції зі складання планів ліквідації аварій для кар'єрів (розрізів) та збагачувальних (брикетних) фабрик : Наказ М-ва України з питань надзвича. ситуацій та у справах зах. населення від наслідків Чорнобил. катастрофи від 31.03.2003 № 87. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0321-03#Text> .



24. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України від 02.10.2012 № 5403-VI : станом на 1 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> .