

МІНІСТЕРСТВО ОСВІИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет: Гірничо-металургійний
Кафедра: Гірничої справи

**Кваліфікаційна робота
допущена до захисту**
Гарант освітньої програми:
«Новітні технології розробки
корисних копалин»

Каменець В.І. _____

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра за підсумками виконання
освітньої програми «Новітні технології розробки родовищ корисних
копалин»

за спеціальністю: 184 Гірництво

На тему: «Підвищення якості сировини, що видобувається в
зонах контакту «руда-скала» в умовах ПРАТ «ЦГЗК»

Керівник: к.т.н., доцент Сахно С.В. _____

Консультант від
бази практики: Саженов С.В. _____

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

Здобувач: Гуляєв І.М. _____

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: Гірничо-металургійний

Кафедра: Гірничої справи

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 184 Гірництво

Освітня програма: Новітні технології розробки родовищ корисних копалин

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми
«Новітні технології розробки корисних копалин»

Каменець В.І. _____

« ____ » _____ 2025р

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Гуляєва Ігоря Миколайовича

1. Тема роботи (проєкту): «Підвищення якості сировини, що видобувається в зонах контакту «руда-скала» в умовах ПРАТ «ЦГЗК»

керівник роботи (проєкту): к.т.н., доцент Сахно Світлана Володимирівна
затверджена наказом по Університету від «14» жовтня 2024 року № 238/14.10.2024

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 14.02.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: 3.1 Техніко-економічний розрахунок будівництва дослідно-промислового комплексу магнітного рудорозборки у кар'єрі №3; 3.2 Інвестиційний проєкт будівництва «Будівництво комплексу крупнокускового магнітного рудорозбирання на Петрівському кар'єрі» 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 4.1 Загальна характеристика підприємства і Петрівського кар'єру; 4.2 Аналіз втрат та засмічення руди в кар'єрі; 4.3 Опис технології магнітної рудорозборки, вибір обладнання та результати випробувань; 4.4 Економічна ефективність впровадження комплексу в умовах Петрівського кар'єру. 5.

Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу: 5.1 Схема формування зони «руда-скала; 5.2 Технологічна і апаратна схеми комплексу магнітного рудорозбирання; 5.3 Схема зміни вантажопотоків у кар'єрі після впровадження технології магнітного рудорозбирання.

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

Розділ	Консультант
1-8	Доцент Сахно С.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекта)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання теми кваліфікаційної роботи	21.10.2024-25.12.2024	
2	Опис і загальна характеристика підприємства і Петрівського кар'єру	26.12.2024-14.01.2025	
3	Опис технології магнітної рудорозборки, вибір обладнання та результати випробувань	15.01.2025-19.01.2025	
4	Схема зміни вантажопотоків у кар'єрі після впровадження технології магнітного рудорозбирання	20.01.2025-25.01.2025	
5	Економічна ефективність впровадження комплексу в умовах Петрівського кар'єру	26.01.2025-04.02.2025	
6	Охорона праці і техніка безпеки	05.02.2025-09.02.2025	
7	Оформлення роботи	10.02.2025-13.02.2025	
8	Перевірка роботи на плагіат	14.02.2025	

Здобувач _____ Гуляев І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ к.т.н. доцент Сахно С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Гуляєв І.М., тема роботи «Підвищення якості сировини, що видобувається в зонах контакту «руда-скала» в умовах ПРАТ «ЦГЗК»

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво. Освітня програма «Новітні технології розробки родовищ корисних копалин» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Метою роботи є аналіз об'ємів та якості сировини (руди), яка втрачається, або засмічується в зонах контакту «руда-скала» під час проведення вибухових робіт в кар'єрі, а також запропонувати заходи і технологію щодо покращення якості сировини в зонах контакту.

Об'єктом дослідження є Петрівське залізорудне родовище, предметом дослідження є зони контактів «руда-скала» і ефективність впровадження технології магнітного рудорозбирання для покращення якості сировини у зонах контакту.

У 1 і 2-му розділах кваліфікаційної роботи виконаний загальний опис підприємства «Центральний ГЗК» і Петрівського кар'єру, який входить у склад підприємства. У описі кар'єру викладена інформація про сучасний стан гірничих робіт, надана інформація про перелік виймально-навантажувального і бурового обладнання, інформація про потужність кар'єру по руді і розкриву, коефіцієнт розкриву та схеми вантажопотоків.

У розділі 3 виконаний аналіз об'ємів і якості сировини, що утворюються в зонах контакту «руда-скала», наведена схема формування втрат та засмічень, та порашовані об'єми руди, які можна додатково «очистити» від засмічення і видобути із зон контакту «руда-скала». У цьому розділі також приведена характеристика сировини у зонах контакту та наведені якісні характеристики відібраних проб із цих зон для подальших випробовувань.

У розділах 4 і 5 наведено опис технології крупнокускового магнітного рудорозбирання (КМР), вибір моделі обладнання та результати проведених випробувань відібраних проб з зон контактів, та наведені висновки щодо ефективності комплексу КМР на рудах Петрівського кар'єру.

Розділ 6 проаналізована схема вантажопотоків у кар'єрі до та після впровадження технології КМР, та пораховані зміни вантажопотоків і вплив на економічну ефективність.

У 7-му розділі порахована економічна ефективність технології в умовах Петрівського кар'єру, пораховані показник ефективності проекту та аналіз чутливості.

Розділ 8 стосується охорони праці при роботі комплексу КМР - запропонована технологія крупнокускового магнітного рудорозбирання відповідає діючим нормам і правилам з охорони праці та експлуатації обладнання в умовах кар'єру.

Ключові слова: МАГНІТНА РУДОРОЗБОРКА, «РУДА-СКАЛА», ПРОБИ, РУДА, ЗОНИ КОНТАКТУ, ВТРАТИ РУДИ, ЗАСМІЧЕННЯ, АВТОМОБІЛЬНИЙ ВІДВАЛ

Зміст

Вступ.....	8
1. Загальна характеристика підприємства ПРАТ «ЦГЗК»	10
2. Характеристика Петрівського кар'єра	11
2.1. Загальні відомості	11
2.2 Фактичний стан гірничих робіт	13
2.3 Продуктивність і режим роботи кар'єра	16
2.4 Система розробки і механізація виробничих процесів Петрівського кар'єру	19
3. Аналіз втрат та засмічення руди при відпрацьовуванні кар'єру на період 2014-2025 роки.....	23
3.1 Характеристика сировини у зонах контакту «руда-скала».....	27
3.2 Аналіз об'ємів і якості сировини в зонах контакту «руда-скала».....	29
4. Опис технології крупнокускової магнітної рудорозбірки для підвищення якості сировини, що видобувається в зонах контакту «руда-скала».....	32
4.1 Результати проведених випробувань по механізованій магнітній рудорозборці проб залізистих кварцитів з приконтатних зон Петрівського кар'єру.....	36
5. Вибір обладнання для комплексу магнітного рудорозбирання	41
5.1 Вибір дробарного обладнання	41
5.2 Вибір комплексу крупнокускової магнітної рудорозборки.....	43
5.3 Вибір конвеєрного обладнання	47
5.4 Обґрунтування вибору обладнання для комплексу магнітного рудорозбирання	47

6. Основні показники змін у транспортуванні гірничої маси автосамоскидами при роботі КМР	51
7. Розрахунок показників економічної ефективності впровадження Технології крупнокускового магнітного рудорозбирання на Петрівському кар'єрі.....	54
7.1 Капітальні вкладення	54
7.2 Чисельність робітників	55
7.3 Річні експлуатаційні витрати	56
7.4 Розрахунок показників ефективності інвестицій	58
7.5 Аналіз чутливості проекту	62
7.6 Графік впровадження проекту	64
8. Охорона праці і техніка безпеки	67
Висновки	74
Перелік використаної літератури	76

Вступ

Актуальність обраної теми. Магістерська робота присвячена розв'язанню актуальної гірничої задачі, яка пов'язана зі зменшенням втрат і засмічення руди в зонах контакту «руда-скала» під час підривання гірничої маси у кар'єрі. В середньому об'єми втрат кондиційної руди з Fe mg до 25% у зонах контакту коливаються від 3% до 5% від загального об'єму видобутку залізної руди.

Так, при річному об'ємі видобутку руди на рівні 20 млн. тон, сумарні втрати руди будуть складати приблизно 600 тис. тон ($20 \times 3\% = 600 \text{ тис. тон}$), що еквівалентно 240 тис. тон ($600 \times 0,4 = 240 \text{ тис. т}$) залізорудного товарного концентрату.

Метою магістерської роботи є дослідження ефективності впровадження технології крупнокускового магнітного рудорозбирання для скорочення втрат і підвищення якості руди, що видобувається в зонах контакту «руда-скала».

Об'єктом дослідження даної роботи є Петрівське залізорудне родовище, предметом дослідження є зони контактів «руда-скала» і ефективність впровадження технології магнітного рудорозбирання для покращення якості сировини у зонах контакту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз об'ємів та якості сировини у зонах контакту «руда-скала, які втрачаються, або засмічуються.
2. Встановити можливість ефективного розділення гірничої маси на кондиційну руду і пусту породу;
3. Підібрати необхідну технологію і обладнання для ефективного розділення гірничої маси;

4. Провести аналіз змін у гірничо-транспортній схемі транспортуванні гірничої маси автосамосвалами при роботі КМР.

5. Порахувати економічну ефективність впровадження технології.

Методи дослідження. У Петрівському родовищі із зон контактів були відібрані проби гірничих мас з суміші магнетит-силікатних, магнетитових кварцитів і пегматиту. Проби гірничих мас були піддані механізованому магнітному рудорозбиранню на опитно-промисловому комплексі ООО «НТЦ МАГНІС» на предмет ефективності розділення на кондиційну руду і продукт з вмістом магнітного заліза нижче бортового значення. Проаналізована якість кондиційної руди і сировині після розділення на комплексі.

Практична значущість. Висновки та результати роботи можуть знайти конкретну реалізацію в діяльності як Петрівського родовища, так і інших родовищ Криворізького залізорудного басейну, що дасть можливість скоротити втрати залізної руди і підвищити її якість.

Структура та обсяг роботи: робота викладена на 76 сторінках пояснювальної записки, містить 16 таблиць, 19 рисунків і 5 формул.

1. Загальна характеристика підприємства ПРАТ «ЦГЗК»

Центральний гірничо-збагачувальний комбінат — приватне акціонерне товариством «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПРАТ «Центральний ГЗК») — одне з найбільших підприємств України по виробництву залізорудної сировини для металургійного комплексу країни і країн Східної Європи. Розташований в місті Кривий Ріг, експлуатується з 1961 р. З 2006 року Центральний ГЗК входить до складу Групи «Метінвест», яка здійснює стратегічне управління гірничо-металургійним бізнесом Групи «СКМ». Управляючою компанією Групи «Метінвест» є ТОВ «МЕТІНВЕСТ ХОЛДИНГ».

Комбінат спеціалізується на видобутку, переробці та виробництві сировини для металургійної промисловості – залізорудного концентрату і обкотишів.

До складу центрального комбінату входить три кар'єри та шахта ім. Орджонікідзе загальною фактичною потужністю 14,2 млн. тонн сирої руди на рік:

- 5,1 млн. тон – Глеюватський кар'єр;
- 5,3 млн. тон – Петрівський кар'єр;
- 2,3 млн. тон – Артемівський кар'єр;
- 1,5 млн. тон – шахта ім. Орджонікідзе.

Центральний ГЗК – єдине підприємство в Україні, котре одночасно використовує відкритий та підземний способи видобутку руди.

Переробний комплекс представлено дробильною фабрикою, збагачувальною фабрикою фактичною потужністю **5 млн.** тонн залізорудного концентрату на рік, фабрикою огрудкування фактичною потужністю понад **2,2** млн. тонн обкотишів на рік, допоміжними цехами.

Комбінат виробляє якісний залізорудний концентрат із вмістом заліза до **70%** і залізорудні обкотиші з вмістом заліза до **67%**.

Комбінат має розгалужену залізничну мережу та включає ряд залізничних станцій: „Розвантажувальна”, „Навантажувальна”, „Огрудкувальна”, „Концентратна”, які з'єднуються під'їзними шляхами зі станціями „Грекувата” загальної мережі залізниць, а також технологічні станції „Розкривна”, „Південна”, „Північна”, „Сировинна”, „Кар'єрна-I” та „Кар'єрна-II”, „Відвальна-I” та „Відвальна-II”, „Породна”. Зовнішні перевезення здійснюються неелектрифікованим залізничним транспортом загальної мережі.

2. Характеристика Петрівського кар'єра

2.1 Загальні відомості

Петрівське родовище розташоване на відстані 1,0-2,0 км на південний схід від районного центру селища Петрове Кіровоградської області та 30 км на північний схід від промислового майданчика ПРАТ «ЦГЗК». Користувачем надр родовища є ПРАТ «Центральний ГЗК» згідно зі спеціальним дозволом на користування надрами №2439 від 11.04.2001 року [2]

Петрівське родовище залізистих кварцитів розробляється з 1979 року кар'єром №3 Центрального гірничо-збагачувального комбінату. На території району робіт прокладені автомобільні дороги з твердим покриттям, які пов'язують між собою населені пункти.

Уперше запаси залізистих кварцитів Петрівського родовища були затверджені протоколом ДКЗ СРСР № 5906 від 25.02.1970.

У межах району Петрівського родовища поширені докембрійські кристалічні породи Українського щита та континентальні відклади, що майже суцільним чохлам перекривають породи кристалічного фундаменту. У межах родовища розвинуті породи інгуло-інгулецької серії, представлені утвореннями трьох світ: зеленоріченської, артемівської, родіонівської.

Артемівська світа (PR1ar) – основна продуктивна залізорудна товща Петрівського родовища. Складена світа амфібол-магнетит-кварц-піроксеновими сланцями, магнетитовими і силікат-магнетитовими кварцитами.

Коефіцієнт міцності залізистих кварцитів за шкалою проф. Протодьяконова 14-18 балів, вміщувальних порід – від 4-6 до 14-18 балів. Щільність руди – 3,43 т/м³, скельних розкривних порід від 1,9 т/м³ до 3,6 т/м³, осадових відкладів – 1,6-1,8 т/м³.



Рисунок 2.1 – Схема Петрівського кар'єра

Промисловий майданчик Петрівського кар'єру має мережу технологічних залізничних колій, технологічних автомобільних доріг та автодоріг для господарських перевезень, які пов'язані з міськими дорогами. Відвальне господарство кар'єру складається з внутрішніх та зовнішніх відвалів Петрівського кар'єру, в комплексі з технічними пристроями, засобами механізації та автоматизації виробничих процесів. Зовнішні відвали розташовані за межами кар'єрних виробок та примикають до їх західних бортів.

2.2 Фактичний стан гірничих робіт

За фактичним станом гірничих робіт на 01.07.2022 кар'єр №3 ПРАТ «ЦГЗК» розкритий до горизонту мінус 225 м. Глибина кар'єра від поверхні становить 340 м, довжина по поверхні – 2150 м, ширина – 1250 м. [2]

Розробка родовища здійснюється за транспортною системою розробки з переміщенням розкривних порід у зовнішні відвали. Виймання гірничої маси здійснюється уступами із застосуванням одноковшевих екскаваторів і навантаженням в автомобільний і залізничний транспорт з доставкою руди на фабрику, а розкривних порід – у відвал «Північний» і відвал №2.

Вся руда з нижніх горизонтів автомобільним транспортом доставляється на перевантажувальний пункт 105/95 м, розташований на західному борту кар'єра, і далі – залізничним транспортом на фабрику.

Видача розкривних порід здійснюється за комбінованою схемою: частина розкривних порід з нижніх горизонтів автотранспортом транспортується до перевантажувального пункту і далі – залізничним транспортом на зовнішні залізничні відвали, з інших горизонтів – автотранспортом на зовнішній бульдозерний відвал. Розробка

розкривних порід верхніх горизонтів здійснюється з безпосереднім навантаженням в залізничний транспорт.

Гірничі роботи з видобутку залізистих кварцитів і виймання скельних розкривних порід здійснюються із застосуванням буровибухових робіт. Буріння свердловин здійснюється верстатами шарошкового буріння СБШ-250, FRD-250, Atlas Copco DM75 та верстатом FlexiROC D60 для контурного буріння.

Парк бурових верстатів кар'єра №3 ПРАТ «ЦГЗК» за станом на 01.07.2022 наведено в таблиці 2.1.

Вибухові роботи в кар'єрі здійснює підрядна організація «Кривбасвибухпром», із використанням безтритилових вибухових речовин і неелектричних систем ініціювання.

Таблиця 2.1 – Парк бурових верстатів кар'єра №3 ПРАТ «ЦГЗК» станом на 01.07.2022

№ з/п	Марка бурового верстата	Кількість
1	СБШ-250МН	2
2	FRD-250	2
3	Atlas Copco DM75E	1

Навантаження підірваної гірничої маси здійснюється кар'єрними екскаваторами ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К в автосамоскиди вантажопідйомністю 130 тон і залізничний транспорт, представлений вагонами 2ВС-105 вантажопідйомністю 105 тон та тепловозами 2ТЕ-10М. Парк екскаваторів кар'єра №3 ПРАТ «ЦГЗК» за станом на 01.07.2022 наведено в таблиці 2.2.

**Таблиця 2.2 – Парк екскаваторів кар'єра №3 ПРАТ «ЦГЗК»
станом на 01.07.2022**

№ з/п	Марка екскаватора	Кількість
1	ЕШ-10/50	1
2	ЕКГ-8І	6
3	ЕКГ-10	3
4	ЕКГ-12К	4

Видобувні роботи в основному ведуться в центральній частині кар'єра. Верхні горизонти Петрівського кар'єра 105 м, 95 м, 85 м розкриті залізничними траншеями і напівтраншеями.

Розкриття нижніх горизонтів здійснюється автомобільними з'їздами по спіральній схемі і з петльовими розворотами.

Висота уступів по розробці пухких порід становить 10 м, скельних порід – 15 м, насипних порід тимчасового відвалу в північному торці кар'єру – 10-15 м.

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

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

Складування розкривних порід на екскаваторних відвалах здійснюється драглайном ЕШ-10/50 і екскаватором ЕКГ-8І. На бульдозерних відвалах використовуються бульдозери Komatsu, D-375A і CAT-D9R.

2.3 Продуктивність і режим роботи кар'єра

Продуктивність кар'єра та гірничих можливостей кар'єра для забезпечення стабільного видобутку руди, прийнята на рівні:

- 2 381 тис.т – в 2022 році,
- 3 950 тис.т – в 2023 році.

Після 2023 року передбачається поступове нарощування продуктивності кар'єру по руді до рівня 5 100 тис.т/рік.

Розрахунок вмісту заліза в руді, що видобувається, здійснений по формулі:

$$q = p - \frac{R(p - r)}{100} \quad (2.1)$$

де p – вміст заліза в масиві;

r – вміст заліза в породах, що засмічують;

R – величина засмічення.

Вміст заліза в масиві і у видобутій руді на 2022-2023 роки наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Якісні характеристики руди, що видобувалася в кар'єрі №3 в 2022-2023 роках.

Календарний план гірничих робіт	Якість руди у масиві, %		Якість у видобутій руді, %	
	Fe _{заг}	Fe _{магн}	Fe _{заг}	Fe _{магн}
2022 рік	30,52	21,72	30,05	21,38
2023 рік	32,12	21,56	31,62	21,20

Об'єми руди і розкриву в кінцевих контурах кар'єра станом на 01.01.2022 наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Об'єми руди і розкривної маси в кінцевих контурах кар'єра станом на 01.01.2022

Гор., м	Руда, тис. т	Розкрит, тис. м ³			Насипні породи, тис. м ³	Розкритна маса, тис. м ³
		Пухкий	Скельни й	Разом		
155					1658	1658
145					3390	3390
135					3310	3310
125					3827	3827
115					4962	4962
105		107		107	5219	5326
95		268		268	5049	5317
85		6120	1	6121	26	6147
75	646	3945	1810	5755	13	5768
60	1488		8483	8483	25	8508
45	2086		7966	7966	11	7977
30	2794		8488	8488		8488
15	3157		7857	7857	65	7922
0	3271		8201	8201	76	8277
-15	3500		7857	7857	81	7938
-30	3933		8313	8313	63	8376
-45	3364		7939	7939	59	7998
-60	3459		8499	8499	62	8561
-75	3687		8066	8066	51	8117
-90	4085		8174	8174	44	8218
-105	4401		7341	7341	44	7385

-120	5425		7083	7083	28	7111
-135	5973		6544	6544	41	6585
-150	6459		6141	6141	93	6234
-165	6621		5374	5374	70	5444
-180	6990		5159	5159	34	5193
-195	5998		3718	3718	28	3746
-210	6799		3700	3700	24	3724
-225	7850		3135	3135	12	3147
-240	5501		2900	2900	1	2901
-255	7326		2417	2417		2417
-270	6520		2313	2313		2313
-285	5441		1888	1888		1888
-300	4886		1735	1735		1735
-315	3763		1358	1358		1358
-330	3377		1174	1174		1174
-345	2783		728	728		728
-360	2614		518	518		518
-375	1305		162	162		162
-390	561		76	76		76
Всього	136063	10440	155118	165558	28366	193924
Коефіцієнт розкриву, м³/т				1,22		
Коефіцієнт розкривної маси, м³/т						1,43

Під час експлуатації кар'єра після 2023 року додатково передбачається перевалуння розкривних порід у межах кар'єра, які застосовуються для підсипки доріг, відсипки валів та інших допоміжних робіт, і транспортуються по кар'єру, але не вивозяться на зовнішні відвали. Об'єм перевалуння (додаткових насипних порід, які не включено в табл. 2.4) прийнято на рівні 4 % від об'ємів виймання розкривної маси по кожному горизонту.

Режим роботи кар'єра по видобутку руди та вийманню розкривних порід приймається цілорічний за 355 робочих днів і безперервного робочого тижня у дві зміни по 12 годин.

Згідно з НТП режим роботи обладнання – число повних робочих змін в році прийнятий:

- для екскаваторів – 515 змін;
- для бурових верстатів – 505 змін.

Для перевантаження розкривних порід з автомобільного транспорту в залізничний в 2022-2023 роках передбачено використання перевантажувального пункту 127м/117м, на поверхні тимчасового внутрішнього відвалу. Для перевантаження руди в залізничний транспорт в 2022-2024 роках передбачено використання існуючого перевантажувального пункту 105 м/95 м, розташованого на західному борту кар'єра.

2.4 Система розробки і механізація виробничих процесів Петрівського кар'єра.

Зважаючи на гірничо-геологічні умови залягання корисної копалини в кар'єрі №3, прийнята транспортна система розробки з переміщенням розкривних порід в зовнішні відвали.

Буріння вибухових свердловин здійснюється верстатами шарошкового буріння СБШ-250МН, FRD-250 і Atlas Copco DM75, які дозволяють бурити як вертикальні, так і похилі свердловини. Для постановки уступів кар'єра на кінцевий контур і в тимчасово неробоче положення передбачається застосування бурового верстата FlexiROC D60.

Видобуток руди здійснюється екскаваторами ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К з доставкою автотранспортом на рудний перевантажувальний пункт. Далі руда залізничним транспортом доставляється на дробильно-

збагачувальну фабрику. Виїмка пухких розкривних порід здійснюється екскаваторами ЕКГ-8І з безпосереднім відвантаженням в залізничний транспорт і доставкою у відвал №2 і відвал «Північний». Виїмка скельних розкривних порід здійснюється екскаваторами ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К з доставкою автотранспортом на відвал «Північний» і «Східний», а також на розкривні перевантажувальні пункти.

Відповідно до гірничотранспортного устаткування, що використовується, а також з урахуванням фізико-механічних властивостей порід, що розробляються, і досвіду експлуатації діючого кар'єра, подальша розробка передбачається уступами висотою 15 м. Висота уступів по пухким породам становить 10 м, по скельним породам – 15 м. Буріння і підривання здійснюється одиночними або здвоєними уступами, а відпрацювання підірваної гірничої маси ведеться пошарово за висоти уступу 15 м.

Ширина запобіжних берм між уступами складає 10 м. Ширина робочих майданчиків повинна гарантувати безпеку ведення гірничих робіт для екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К під час вантаження гірничої маси в автосамоскиди вантажопідйомністю 130 т і залізничний транспорт. Мінімальна ширина робочих майданчиків при автомобільному транспорті в пухких породах складає 36 м, в скельних і насипних – 32 м; при залізничному транспорті в пухких, скельних і насипних породах складає 35 м. З урахуванням двостороннього руху кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 130-136 т ширина транспортних берм і з'їздів в кар'єрі прийнята від 29 м до 35 м.

Згідно з п. 5.25 СНіП 2.05.07-91 для забезпечення можливості епізодичного роз'їзду автомобілів на односмугових міжмайданчикових дорогах передбачено майданчики (кишені) для роз'їзду довжиною не менше 30 м з покриттям, аналогічним до прийнятого для цієї дороги.

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

Ділянки переходу від односмугової проїжджої частини до майданчика для роз'їзду повинні бути довжиною не менше 10 м. Ухили транспортних з'їздів для автомобільного транспорту повинні складати не більше 80 %. Об'єми перевезень розкривної маси з кар'єру по видах транспорту, що застосовується, в 2022-2023 роках приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Об'єми перевезень розкривної маси з кар'єра по видам транспорту, що застосовується в 2022-2023 роках (тис.м³)

Найменування показників	2022	2023
Автотранспортом на перевантажувальний пункт	378	1140
Автотранспортом у відвал:	3409	8105
- пухкі породи	86	624
- скельні та насипні породи	3323	7481
Автотранспортом загальний об'єм	3787	9245
Залізничним транспортом із забою у відвал:	178	600
- пухкі породи	39	246
- скельні та насипні породи	139	354
Залізничним транспортом з перевантажувального пункту	378	1140
Залізничний транспорт загальний об'єм	556	1740

Гранулометричний склад підірваної гірничої маси Петрівського кар'єру у вигляді кривої розподілу приведено на рис. 2.2.

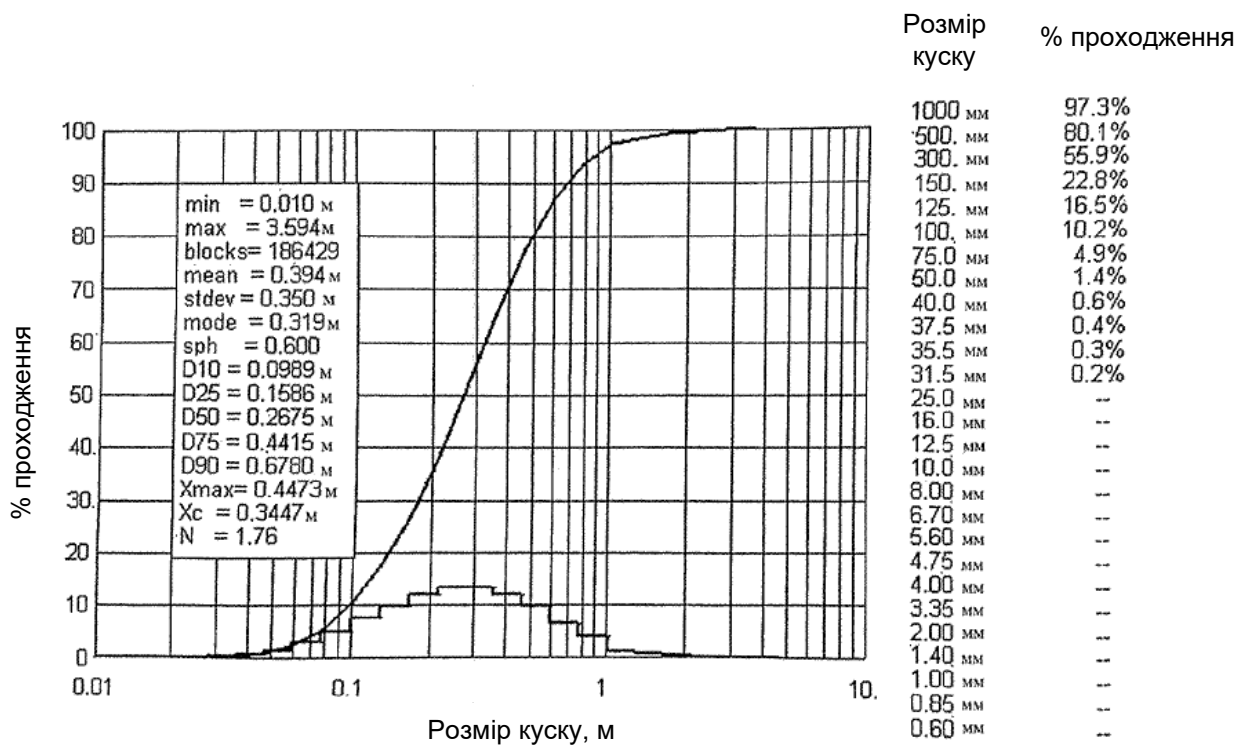


Рисунок 2.2. – Крива розподілу гранулометричного складу підірваної гірничої маси Петрівського кар'єру

3. Аналіз втрат та засмічення руди при відпрацьовуванні кар'єру на період 2014-2025 роки

Під час підривання рудних блоків в зонах контакту рудних і скельних блоків відбувається перемішування руди з пустою породою, що призводить до зубожіння руди та її втрат.

Розрахунок втрат та засмічення виконується згідно з “Отраслевой инструкцией по определению, учету и нормированию потерь руды при разработке железорудных, марганцевых и хромитовых месторождений на предприятиях Министерства черной металлургии СССР” (протокол № 33 від 13.11.1974 р.).

Згідно інструкції (Розділ II, таблиця 1, п. 1.2) нормуванню підлягають експлуатаційні (залежні від технології видобутку) втрати та засмічення руди, що утворюються при видобутку в приконтатних зонах та на контактах руди з порожніми породами.

Втрати руди в кар'єрах з технологічних причин (при вибухових роботах), транспортуванню та вмінанню руди в підшву уступу встановлені для усіх ГЗК Кривбасу рівними 0,5%.

Розрахунок втрат та засмічення руди виконується по формулах (“Отраслевой инструкции”, Додаток 4, п. 60) :

$$П = \frac{1}{2} \cdot K^2 \cdot H^2 \cdot L \cdot \gamma_p \cdot (\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta) \quad (3.1)$$

$$В = \frac{1}{2} \cdot (1 - K)^2 \cdot H^2 \cdot L \cdot \gamma_b \cdot (\operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta) \quad (3.2)$$

де: П – втрати, %;

В – засмічення, %;

Н – висота видобувного уступу, м;

K – розрахунковий параметр (співвідношення висоти рудної частини уступу та загальної висоти уступу), що змінюється від 0 до 1;

L – довжина приконтактній зони, м;

γ_p, γ_b – щільність в масиві відповідно руди та домішуваних порожніх порід, т/м³;

α – кут падіння контакту руди та і порід, град.;

β – кут укосу уступу, град.

Геологічна служба комбінату розраховує величини втрат та засмічення руди при видобутку кожен рік та квартал з подальшим затвердженням показників у річних виробничих програмах. Величини втрат та засмічення за даними комбінату значно змінюються з року в рік та поквартально, але не повинні перевищувати проектні показники.

Згідно з проектом «Третья очередь углубки Петровского карьера», втрати руди затверджені на рівні 4% від загальної маси видобуваної руди.

На рисунку 3.1 наведена схема формування зони контакту «руда-скала» під час відпрацювання рудного забою в Петрівському кар'єрі.

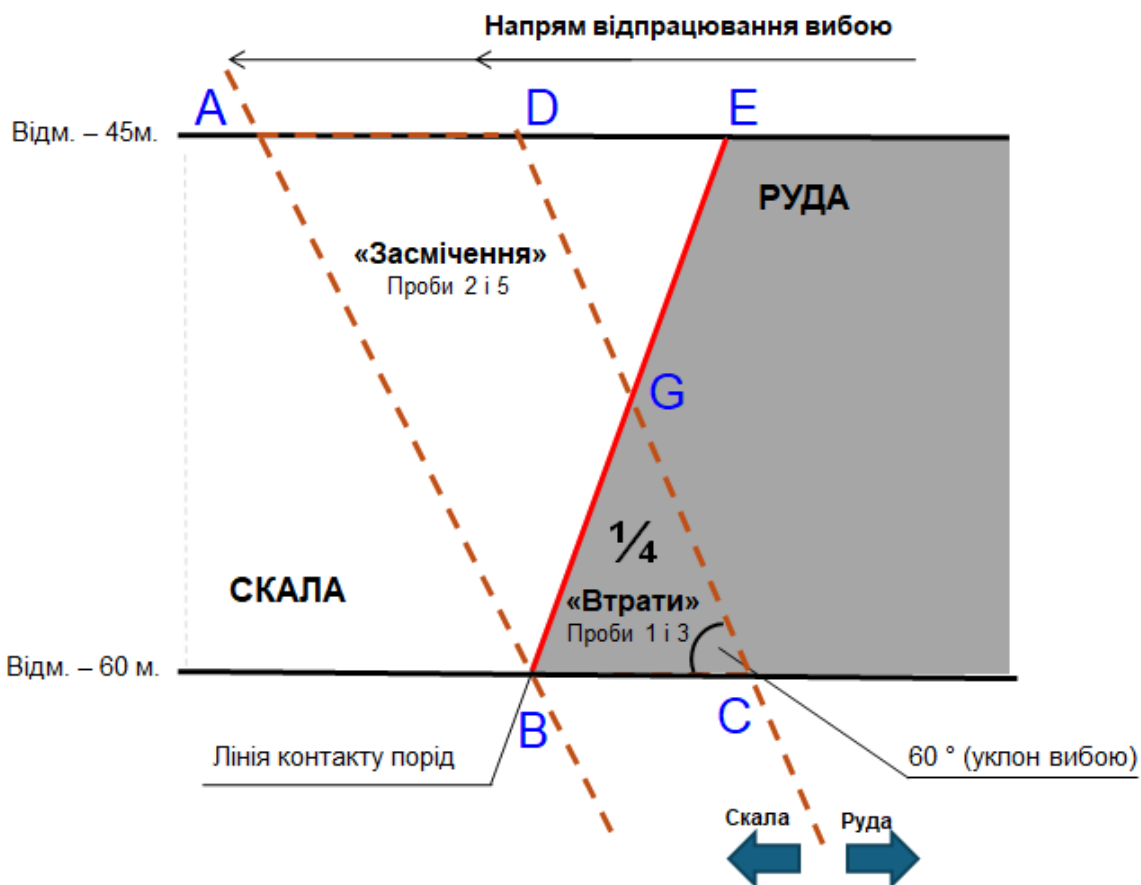


Рисунок 3.1 – Схема формування зони контакту «руда-скала» під час відпрацювання рудного забою

Кут залягання рудного тіла Петрівського родовища знаходиться в межах 70° (лінія BE). Технологія відпрацювання кар'єра передбачає кут ухилу вибоїв у 60° (лінія DC). Згідно з проектом, бортовий вміст заліза в сировині складає 14%, менше 14% транспортуються у відвал [2].

У результаті впливу цих двох факторів та технології відпрацювання вибою існуючим типом екскаваторів ЕКГ-10 виникають рудні зони:

- BCG – втрати, які транспортуються у відвал;
- BADG – засмічення, які транспортуються на фабрику.

Втрати складають **4%** від загального річного об'єму видобуваної руди, або **240 тис. тонн.** ($6\ 000\ \text{тис. тон} \times 4\% = 240\ \text{тис. тон}$). Дана руда

змішана з пустою породою у відношенні **1:3** (лінії ABCD). Відповідно, середньорічний об'єм гірничої маси «втрата» складе **960 тис. тон.**

Більш детальний розрахунок втрат і засмічень зробив ДП «Кривбаспроект». Згідно з розрахунками ДП «Кривбаспроект», загальні втрати руди та вміщуючих порід за період 2014-2025 роки складають **8 661 тис. тонн**, загальні засмічення руди з приконтатних зон складають **9 528 тис. тонн.**

Таблиця 3.1 – Об'єми втрат руди у зонах контакту руда-скала за період 2014-2025 роки (тис. тон)

Рік	Руда		Пегматити, мігматити, гнейси		Руда		Магнетит-силікатні кварцити		Всього	
	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг
2014	259	24,0	615	0,5	70	23,97	166	8,04	1110	8,6
2015	212	23,1	506	0,5	58	23,09	137	8,04	913	8,3
2016	109	23,1	258	0,5	29	23,14	70	8,04	466	8,3
2017	118	23,4	281	0,5	32	23,43	76	8,04	507	8,4
2018	83	24,3	196	0,5	22	24,29	53	8,04	354	8,7
2019	86	24,8	206	0,5	24	24,77	56	8,04	372	8,8
2020	69	26,7	165	0,5	19	26,65	44	8,04	297	9,4
2021	195	25,0	463	0,5	53	24,97	125	8,04	836	8,9
2022	203	23,9	484	0,5	55	23,93	130	8,04	872	8,6
2023	224	24,9	532	0,5	60	24,89	144	8,04	960	8,8
2024	262	25,5	624	0,5	71	25,46	168	8,04	1125	9,0
2025	198	23,9	470	0,5	54	23,9	127	8,04	849	8,6
Всього	2018	24,32	4800	0,5	547	24,32	1296	8,04	8661	8,7

Таблиця 3.2 – Об'єми засмічення руди у зонах контакту руда-скала за період 2014-2025 роки (тис. тон)

Рік	Руда		Пегматіти, мігматити, гнейси		Руда		Магнетит - силікатні кварцити		Всього	
	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг	т.т.	Fe маг
2014	716	24,0	205	0,5	233	24,0	67	8,0	1221	19,2
2015	588	23,1	168	0,5	193	23,1	55	8,0	1004	18,5
2016	300	23,1	86	0,5	98	23,1	28	8,0	512	18,5
2017	326	23,4	93	0,5	108	23,4	31	8,0	558	18,8
2018	229	24,3	66	0,5	73	24,3	21	8,0	389	19,4
2019	241	24,8	69	0,5	77	24,8	22	8,0	409	19,8
2020	191	26,7	55	0,5	63	26,7	18	8,0	327	21,2
2021	534	25,0	154	0,5	180	25,0	52	8,0	920	19,9
2022	560	23,9	160	0,5	186	23,9	53	8,0	959	19,1
2023	621	24,9	178	0,5	200	24,9	57	8,0	1056	19,9
2024	722	25,5	207	0,5	240	25,5	69	8,0	1238	20,3
2025	545	23,9	158	0,5	180	23,9	52	8,0	935	19,1
Всього	5573		1599		1831		525		9528	19,4

3.1 Характеристика сировини у зонах контакту «руда-скала»

Для оцінки якості сировини, а також для подальших випробувань у зоні контакту «руда-скала» були відібрані 4 технологічні проби з Петрівського кар'єру.

Гірнична маса із зон контакту залізистих кварцитів представлена:

- Приконтактною зоною руда-пегматит і руда-магнетит-силікатні кварцити з масовою часткою заліза (заліза магнітного) нижче бортового вмісту Fe mg < 14% (проби №1 і №3);
- Приконтактною зоною кондиційно зубожених руд з масовою долею заліза пов'язаного з магнетитом (заліза магнітного) вище бортового вмісту Fe mg > 14% (проби №2 і №5).

Вихідні проби мають такі характеристики:

Проба 1. Суміш магнетитових кварцитів і пегматита. В магнетитових кварцитах присутній кварц, пирит, силікати, засмічені руди родовища. Пегматити представлені кварцем, полевым шпатом і біотитом. Середня масова доля Fe заг = 20–24%, Fe mg = 7,5–14%.

Проба 2. Суміш магнетитових кварцитів. В магнетитових кварцитах присутні кварц, магнетит, пирит, силікати, засмічені руди родовища. Пегматити представлені кварцем, полевым шпатом і біотитом. Середня масова доля Fe заг = 22–25%, Fe mg = 14–17%.

Проба 3. Суміш магнетит-силікатних і магнетитових кварцитів. В магнетит-силікатних кварцитах присутні кварц, магнетит, пирит, піротин, силікати. В магнетитових кварцитах – кварц, магнетит, пирит, силікати, засмічені руди родовища. Середня масова доля Fe заг = 26–28%, Fe mg = 12–14%.

Проба 4. Суміш магнетит-силікатних і магнетитових кварцитів. В магнетит-силікатних кварцитах присутні кварц, магнетит, пирит, піротин, силікати. В магнетитових кварцитах – кварц, магнетит, пирит, силікати, засмічені руди родовища Некондиційна руда з вмістом Fe заг = 24–26%, Fe mg = 7,5–10%.

Проба 5. Суміш магнетит-силікатних і магнетитових кварцитів. В магнетит-силікатних кварцитах проби №5 присутні кварц, магнетит, пирит, піротин, силікати. В магнетитових кварцитах – кварц, магнетит, пирит, силікати, засмічені руди родовища. Середня масова доля Fe заг = 31–33%, Fe mg = 14–18%.

3.2 Аналіз об'ємів і якості сировини в зонах контакту «руда-скала»

ДП «Кривбаспроект» порахував об'єми і якість гірничої маси у зонах контакту за період 2014 – 2025р. Результати аналізу приведені на рисунках 3.1 і 3.2.

На рисунку 3.1 приведені об'єми та якість некондиційних планових втрат руди і супутніх порід, які транспортуються у відвал, на рисунку 3.2 приведені об'єми та якість засмічених руд приконтатних зон, які транспортуються на фабрику.

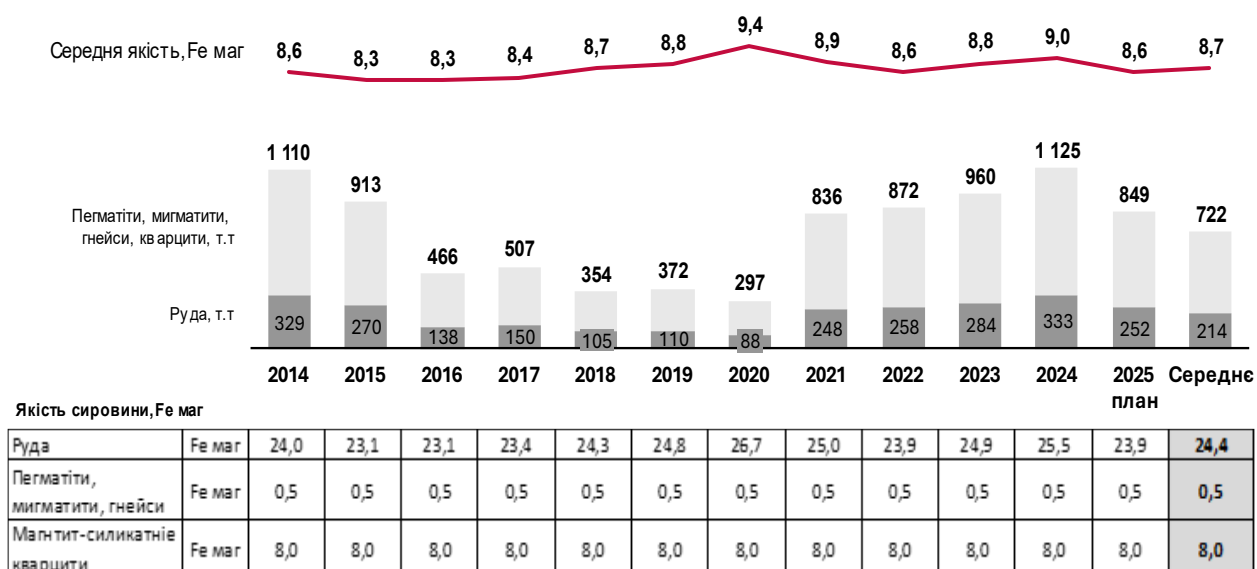


Рисунок 3.1 - Об'єми та якість некондиційних планових втрат руди і супутніх порід (везеться у відвал)

Розрахунки ДП «Кривбаспроект» показали, що середній об'єм гірничої маси, який везуть у відвал, складає **722 тис.т** у рік з середньою якістю Fe маг **8,7%**, із них:

- руда – **214 тис.т.**

- пусті породи (пегматити, мігматити, гнейси) – **508 тис.т.**

Середня якість безпосередньої руди, яка втрачається за рахунок перемішування (під час підривання) і везеться у відвал, складає **Fe маг 24,4%**.

Руда, яка втрачається в рік, еквівалентна 63 тис.тонн залізорудного концентрату (970 вагонів).

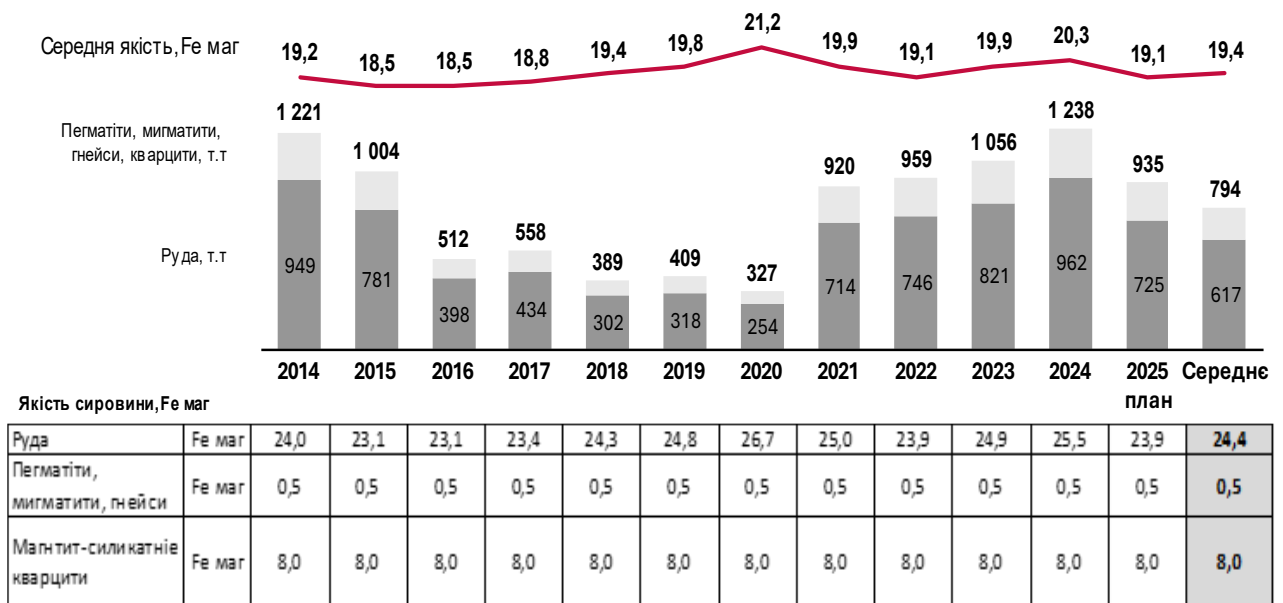


Рисунок 3.2 – Об’єми та якість засмічених руд приконтактних зон (везеться на фабрику)

Середній об’єм засміченої гірничої маси, яку везуть на фабрику, складає 794 тис.т у рік з середньою якістю Fe маг **19,4%** із них:

- руда – **617 тис.т.**
- пусті породи (пегматити, мігматити, гнейси) – **177 тис.т.**

Тобто, на фабрику везуть пуста порода в об’ємі 177 тис.т. на рік з якістю Fe маг до **8%**, яка проходить стадії дроблення, збагачення і в результаті відходить у вигляді шламів.

Існує можливість підвищити якість сировини, що видобувається у зонах контакту «руда-скала» і зменшити втрати руди на 50%, за рахунок залучення у переробку гірничої маси з вмістом Fe mg 7,5 – 14%, це проби №1 і №3. Для цього необхідно застосувати технологію крупнокускової магнітної рудорозбірки (КМР), яка буде розділяти гірничу масу із зон контактів на пусту породу і руду.

Технологія дозволить знизити проектні втрати руди з 4% до 2%, що становить **120 тис. тон** залізної руди з вмістом заліза 24% на рік. ($6\ 000 \cdot 2\% = 120$ тис. тон).

4. Опис технології крупнокускової магнітної рудорозбірки для підвищення якості сировини, що видобувається в зонах контакту «руда-скала»

Технологічна схема переробки гірничої маси Петрівського кар'єру на комплексі крупнокускової магнітної рудорозбірки (КМР) включає операції крупного дроблення на дробарці і механізованої магнітної рудорозбірки на комплексі КМР.

В результаті роботи комплексу утворюються два продукти: руда і пуста порода, які відрізняються вмістом заліза (Fe mg). Руда, як готова продукція направляється на подальшу переробку на збагачувальну фабрику ПРАТ «ЦГЗК» для отримання залізородного концентрату. Пуста порода (щебінь), як попутна продукція КМР, застосовується для будівництва і підсипки автомобільних доріг в кар'єрі.

Дробарна установка включає наступні операції:

- грохочення з виділенням класу -125мм, який проходить в обхід дробарки;
- крупне дроблення класу від +125 -750мм;
- видача дробленого продукту розміром -300мм.

Комплекс крупнокускової магнітної рудорозбірки:

- механізована магнітна рудорозбірка;
- видача продуктів магнітної рудорозборки (руди і породи);
- грохочення породи на класи -100 мм і +100 -300мм.

Готовою продукцією комплексу КМР є руда. Порода (щебінь), як похідна продукція, використовується для підсипання і будівництва кар'єрних доріг.

Експлуатація КМР передбачає роботу наступного обладнання:

- Бутобой (оренда «АВТОПОЛІС») – дроблення негабаритних шматків гірничої маси;

- Фронтальний навантажувач - навантаження гірської маси в дробарку, відвантаження скелі та руди після рудорозбирання;
- Розширювач бункера дробарки – збільшення розмірів приймального бункера (3,7м) під габарити ковша навантажувача (3,9м).
- Дробильна установка - дроблення гірничої маси для підготовки розміру шматка до розміру, необхідного для ефективного рудорозбирання;
- Конвеєр КЛ1-1000/265 – подача гірничої маси з дробильної установки на КМР.
- КМР "МАГНІС" 2/1.6 Ц - очищення руди від засмічують порожніх порід.
- Конвеєр КЛ3-800/24 (2 шт.) - видача руди та скелі з-під КМР.

Гірська маса з Петрівського кар'єру прямує на переробку на дослідно-промисловий комплекс КМР. Доставка гірничої маси здійснюється кар'єрними самоскидами БелАЗ 75131 склад гірничої маси V-20000 м³. Негабаритні шматки крупністю +750 -1250 мм відсортуються і складаються окремо, а за накопиченням дробляться механічним бутобоем з метою підготовки для подальшої переробки на дробильній установці UJ310.

Технологічна схема переробки гірничої маси приведена на рисунку 4.1.

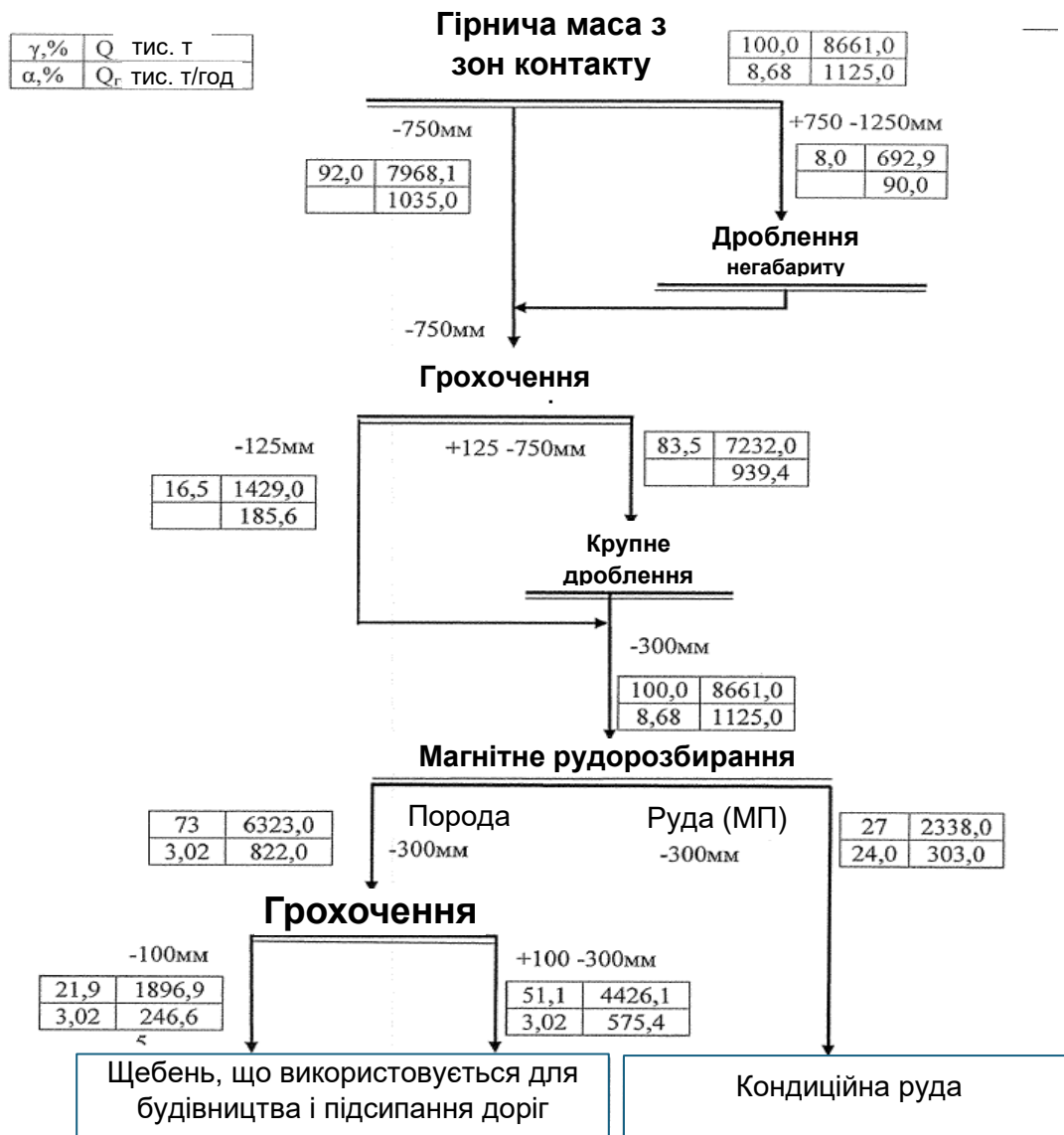


Рисунок 4.1 – Технологічна схема переробки гірничої маси на комплексі крупнокускової магнітної рудорозбірки

γ – вихід продукту по відношенню до вихідного живлення, %

Q – кількість продукту, тис. тон

Q_r – річна кількість продукту (максимальна продуктивність комплексу, тис. тон

α – масова доля заліза пов'язаного з магнетитом (Fe mg), %

Завантаження гірничої маси 750 мм у приймальний бункер пересувної дробильної установки UJ310 здійснюється збоку за допомогою фронтального навантажувача БелАЗ 78221, з цією метою

передбачені під'їзди з двох сторін до пересувної дробильної установки. Об'єм приймального бункера пересувної дробильної установки складає 15 м³.

У приймальному бункері гірська маса проходить через вібраційний живильник з колосниковою решіткою, через яку відгуртовується клас крупністю 125 мм, який через перепускний лоток надходить на розвантажувальний конвеєр в обхід дробарки. Клас +125 -750 мм надходить на велике дроблення на шоківу дробарку типу С411 з розмірами завантажувального отвору 1045x840мм. Розмір фракції подрібненого матеріалу, що пройшов дробильну установку, становить 300мм (кл. -225мм-75%).

Дроблений матеріал за допомогою стрічкового конвеєра, подається на комплекс магнітної рудорозбирання КМР-2/1. На комплексі магнітної рудорозбірки відбувається поділ гірничої маси на руду (магнітний продукт) та породу (немагнітний продукт) за рахунок використання магнітних сил. Руда транспортується радіальним стрічковим конвеєром на відповідний майданчик, де формується штабель. Порода транспортується радіальним стрічковим конвеєром на статичний гуркіт, де піддається поділу на класи 100 мм і +100 -300 мм.

Готовою продукцією є руда, яка за допомогою другого фронтального навантажувача БелАЗ 78221 вантажиться в кар'єрні самоскиди БелАЗ 75131 і транспортується на рудне навантаження подальшого відвантаження на ж.д. транспорт та переробку на збагачувальну фабрику ПРАТ «ЦГЗК». Порода (щебінь) також відвантажується на кар'єрні самоскиди БелАЗ 75131 і прямує на будівництво та підсипку кар'єрних доріг. Апаратну схему переробки гірничої маси на дослідно-промисловому комплексі КМР наведено на рисунку 4.2.

На комплексі КМР працює два фронтальних навантажувача БелАЗ 78221. Один працює на ділянці завантаження в дробильну установку УJ

310, другий на ділянці навантаження руди і породи (щебеню) в кар'єрні автосамоскиди БелАЗ 75131

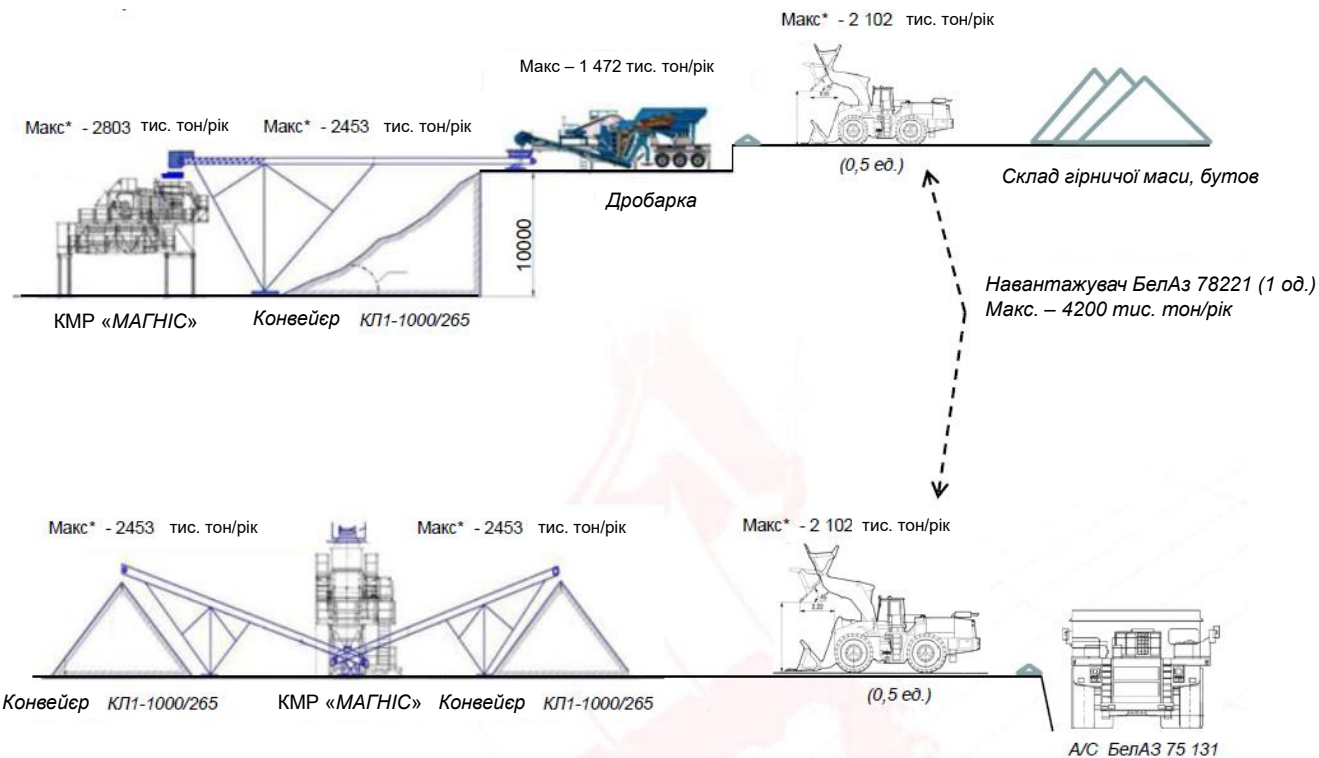


Рисунок 4.2 – Апаратна схема переробки гірничої маси на дослідно-промисловому комплексі КМР.

4.1. Результати проведених випробувань по механізованій магнітній рудорозборці проб залізистих кварцитів з приконтактних зон Петрівського кар'єру

На комплексі КМР «МАГНІС» КМР-2/1,6 в березні 2012 р. за участю представників ПРАТ "Центральний ГЗК", "МАЙНІНГ ІНЖИНІРИНГ ЦЕНТР" та ДП "Кривбаспроект" проведено випробування з механізованої магнітної рудорозборки проб залізистих кварцитів контактних зон Петрівського родовища.

На випробування були надані проби гірських мас:

1. Суміш магнетит-силікатних та магнетитових кварцитів:

- Проба № 5 з Fe заг 31-33%, Fe mg 14-18%;
- Проба № 3 з Fe заг 26-28%, Fe mg 12-14%;
- Проба № 4 з Fe заг 24-26%, Fe mg = 7,5-10%.

2. Суміш магнетитових кварцитів та пегматиту:

- Проба № 2 з Fe заг 22-25%, Fe mg 14-17%;
- Проба № 1 з Fe заг 20-24%, Fe mg 7,5-14%.

Проби з крупністю шматків до 400-500 мм (клас крупності -350 мм 95%) було відібрано геологічною службою Петрівського кар'єру та доставлено до ТОВ "НТЦ МАГНІС ЛТД".

Проби гірничих мас були піддані механізованій магнітній рудорозбірці при двох положеннях магнітної системи:

- положення магнітної системи, яке призначене для ММР проб, що складаються з рудної маси з широким діапазоном вмісту магнітного заліза;

- положення магнітної системи, яке призначене для ММР проб, що складаються з суміші кондиційної руди та породи.

1. Механізована магнітна рудорозбірка 3-х проб (№ 3, 4 і 5) гірничих мас, представлених сумішшю магнетит-силікатних і магнетитових кварцитів, дозволила встановити наступне (рисунки 4.3, 4.4 і 4.5): представлені проби гірських мас складаються із суміші шматків руди з вмістом заліза:

- суттєво вище бортового значення: в середньому від 20% до 40% і більше;

- нижче за бортове значення ($F_{eng} < 14\%$).

Гірські маси випробуваних проб із вмістом магнітного заліза в інтервалі +4% і -2% від бортового значення:

- на 30% складаються з руди з вмістом магнітного заліза понад 25% і до 43%. Ці шматки виділяються у магнітний продукт ММР;

- на 70% складаються з породи та шматків руди з вмістом магнітного заліза нижче бортового значення. Ці шматки виділяються у немагнітний продукт ММР.

2. Механізована магнітна рудорозбірка 2-х проб гірських мас, представлених сумішшю магнетитових кварцитів і пегматиту, дозволила встановити наступне (рисунок 4.6 і 4.6): представлені проби гірничих мас складаються шматків кондиційної руди з Fe_{mg} 25-35% і шматків пегматита. При цьому вміст магнітного заліза в пробі – вище або нижче від бортового не має жодного значення.

Вміст магнітного заліза в пробі вище або нижче бортового визначається не мінеральним складом гірничої маси, а лише співвідношенням кількості шматків кондиційної руди і пегматиту в гірській масі.

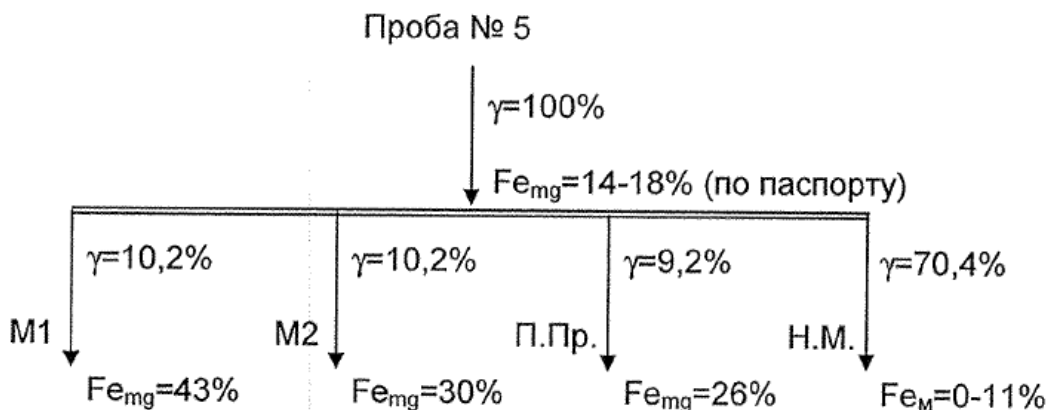


Рисунок 4.3 – Результати випробувань проби №5

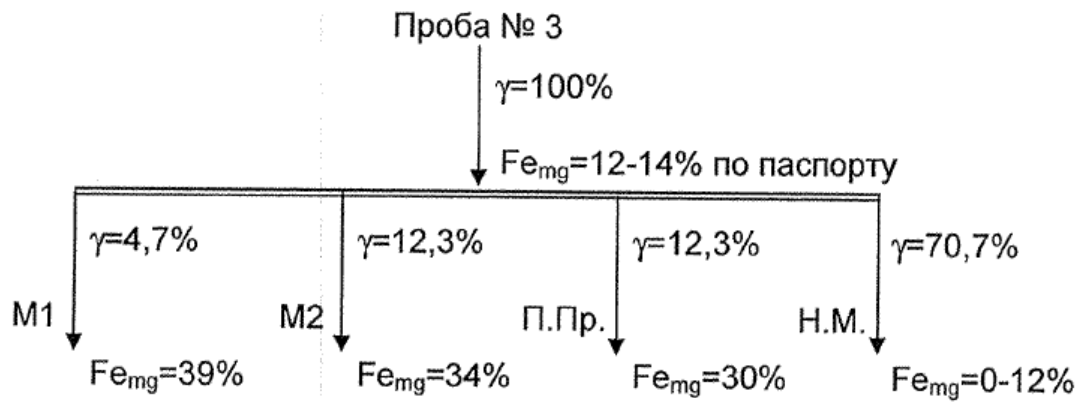


Рисунок 4.4 – Результати випробувань проби №3

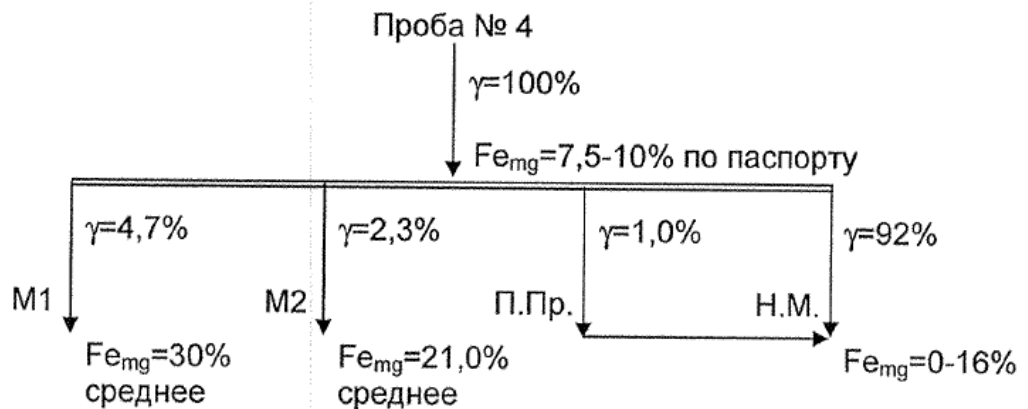


Рисунок 4.5 – Результати випробувань проби №4

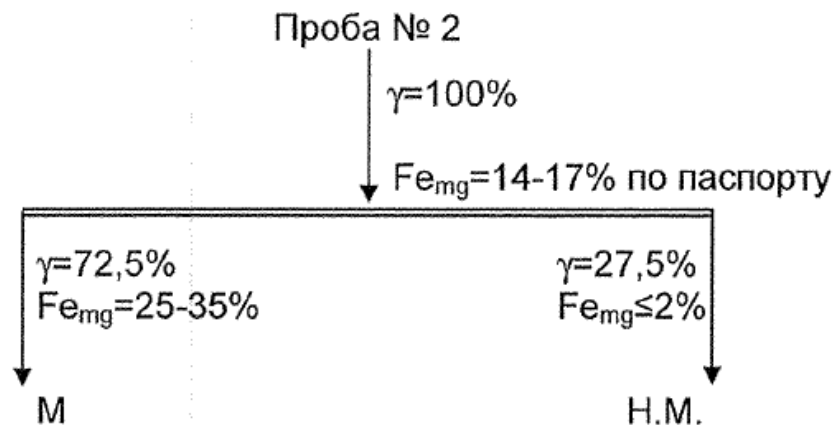


Рисунок 4.6 – Результати випробувань проби №2

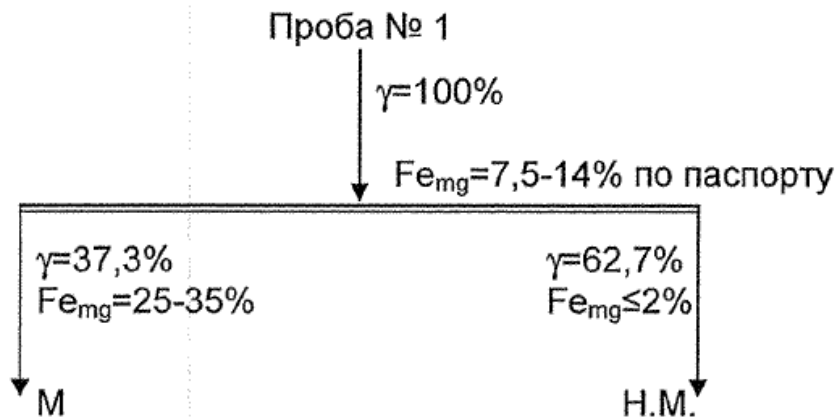


Рисунок 4.7 – Результати випробувань проби №1

Результати випробувань дозволили зробити наступні висновки:

1. Всі представлені проби гірничої маси були ефективно розділені на кондиційну руду і продукт з вмістом магнітного заліза нижче бортового значення. Такий поділ ефективно забезпечується при крупності шматків до -350 мм.

2. Механізованій магнітній рудорозборці необхідно піддавати всі гірські маси, здобуті в контактних зонах. У тому числі гірські маси з вмістом заліза вище бортового.

Для гірських мас Петровського родовища, що складаються з сукупності різновидів проб 1, 2, 3, 4 і 5, можна виконати великокускову ММР при використанні магнітної системи барабана, яке відповідає параметрам магнітної системи стандового сепаратора "НТЦ МАГНІС ЛТД".

5. Вибір обладнання для комплексу магнітного рудорозбирання.

У магістерській роботі виконаний аналіз ринку основного технологічного обладнання і розглянуто обладнання різних компаній-виробників.

5.1 Вибір дробарного обладнання

На стадії крупного дроблення були розглянуті дробарки компаній «Метсо (Україна)» і ООО «Rock-Servsce». Характеристики розглянутих дробарок відповідають основним вимогам стадії крупного дроблення: крупність вихідної гірничої маси – -750мм, остаточна крупність -350мм, продуктивність не менше 400 т/год. Оцінка обладнання була виконана по основним технічним характеристикам і вартості. Порівняння характеристик рухомих дробарок на гусеничному і колісному ході приведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняння характеристик рухомих дробарок

Виробник		SANDVIK	METCO	Китай		УРАЛМАШ	
Наименование показателя	ед. изм.	UJ 310	NORDBERG C110	YG1142E710	YG1349E912	СМД 117	ККД 1500/180
ТИП		Щокова	Щокова	Щокова	Щокова	Щокова	Конусна
Мобільність		Пересувна	Пересувна	Пересувна	Пересувна	Стационарна	Стационарна
Приймальне вікно	мм	1045x840	1100x850	1200x900	1200x900	1500x2100	-
Розмір живлення	мм	750	670	750	750	1300	1200
Діапазон регулювання щілини CSS	мм	75-150	70-170	96-165	95-165	120-220	180-1500
Максимальна продуктивність (min-max)	т/ч	210-325	140-300	220-380	140-320	550	747
Привід		Електричний	Електричний	Електричний	Електричний	Електричний	Електричний
Витрати Е/Е	кВт/год	134	178	147	146	250	400
Вага дробарки	тон	52,5	62	80	54,5	248	406
Стоимость (СРТ)	Євро	326 000	547 883	208 026	175 339	1 708 401	2 751 067

На основі порівняння вартісних характеристик дробарних установок переважними є рухомі установки на колісній базі. Вони

дешевше і менш енерговитратні, ніж рухомі дробарні установки на гусеничній базі.

Проаналізував рухомі колісні дробарні установки можна зробити висновок, що рухома дробарка UJ310 на колісній базі компанії ООО «Rock-servsce», у порівнянні з установкою Nordberg C110 компанії «Metco (Україна)», має переваги. Рухома дробарка UJ310 менш енерговитратна, має меншу вагу і крупніший клас дробленого продукту, що позитивно впливає на ефективність магнітної рудорозборки. Вартість дробарки UJ310 менша на 17% у порівнянні з дробаркою C110 компанії «Metco (Україна)».

Загальний вигляд дробарки UJ310 на колісній базі компанії ООО «Rock-servsce» в розрізі приведено на рисунку 5.1.

В нижній частині відзначено зону, де вимірюється вихідний зазор дробарки. Цей зазор відповідає за розмір виходить шматка. Продуктивність дробарки безпосередньо залежить від розміру вихідного зазору CSS:

- CSS - 100 мм (210 т/год)
- CSS - 150 мм (325 т/год)

Можливий діапазон регулювання зазору становить 75-150 мм, рекомендований – 100 мм.

Дробильна установка SANDVIK UJ310

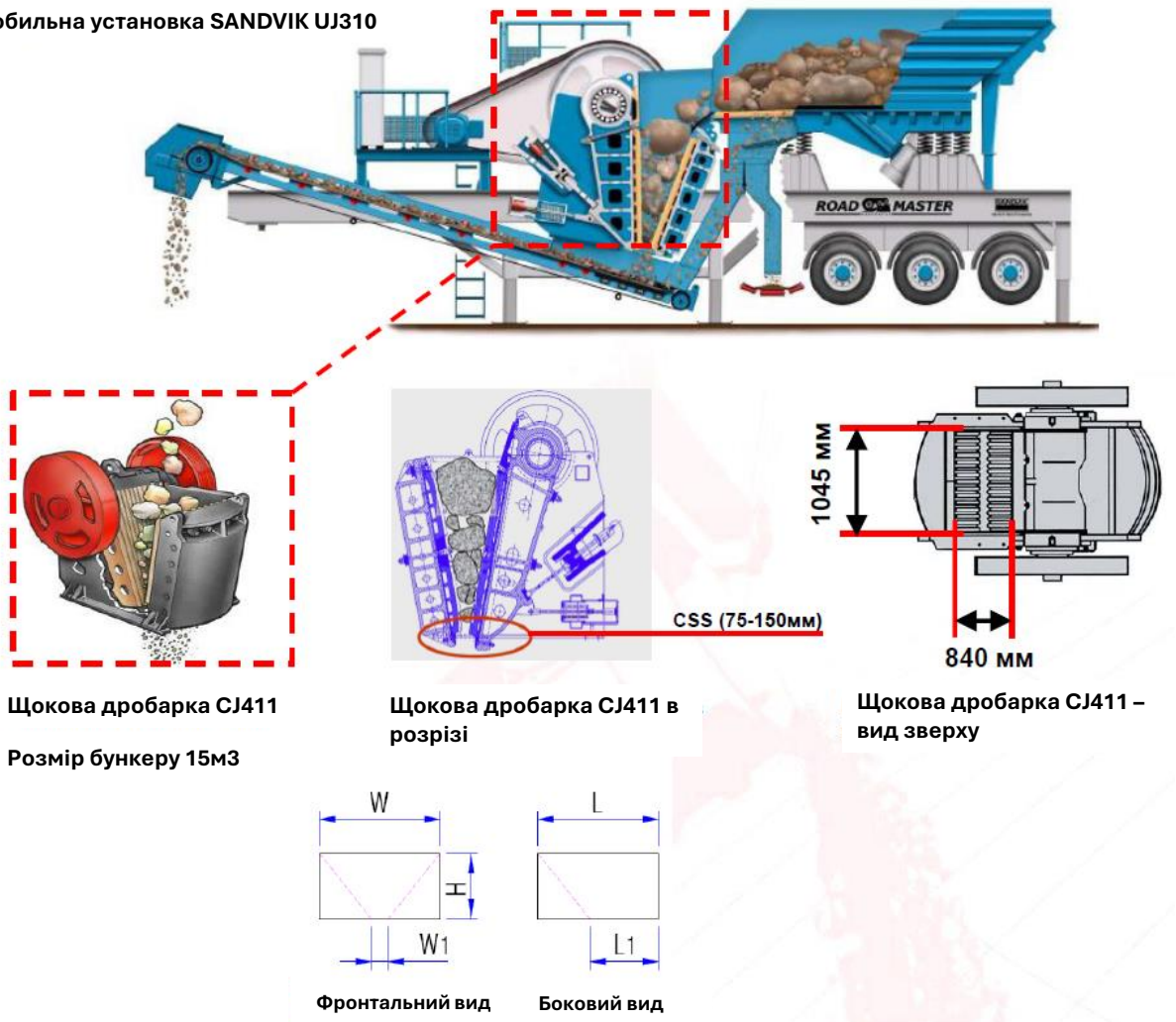


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд дробарки UJ310 на колісній базі компанії ООО «Rock-service» в розрізі

5.2 Вибір комплексу крупнокускової магнітної рудорозборки

Для стадії крупнокускової магнітної рудорозборки у склад комплексу КМР включено комплекс «МАГНІС» КМР-2/1,6 ЦМ компанії ТОВ «Науково-технічний центр МАГНІС ЛТД». Характеристики комплексу КМР-2/1,6 ЦМ приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Характеристики комплексу КМР-2/1,6 ЦМ

№ п/п	Основні параметри і розміри	Показник
1	Продуктивність, тон/год	400
2	Крупність руди, мм, 95% руди	-350
3	Максимальний розмір кусків руди, мм	450
4	Номінальний розмір робочої частини магнітного барабану, мм	2000
5	Номінальна потужність електродвигунів, кВт	40
6	Ширина транспортерної стрічки магнітного барабану, мм	1200
7	Ширина транспортерної стрічки конвеєрів-штабелів, мм	1000
8	Габаритні розміри (Довжина x ширина x висота)	12,5x14x10
9	Вага комплексу, тон	55

Комплекс складається із трьох основних модулів:

1. Модуль вузла рудорозборки включає:

- вузол рудорозбірки;
- пристрій для прийому руди, що подається до комплексу. У складі комплексу модуль вузла рудорозбирання встановлений на модуль основи.

2. Модуль основи, включає:

- раму нижню; дві рами опорні;
- ферму; тічки для вивантаження продуктів рудорозбирання та передачі їх на конвеєри, що приймають продукти рудорозбирання з бункера;
- два конвеєри-розвантажувачі для прийому продуктів рудорозбирання та передачі їх на конвеєри-штабелеукладачі;

- майданчики обслуговування зі сходами, які дозволяють забезпечити вихід обслуговуючого персоналу до всіх складових частин комплексу, які вимагають обслуговування.

Бункер для продуктів рудорозбирання. У складі комплексу бункер встановлений у модулі основи.

3. Вузол рудорозбірки є основною частиною комплексу і складається з:

- корпусу, що є зварною металоконструкцією;
- магнітного барабана;
- приводу, що являє собою циліндро-конічний мотор-редуктор, з'єднаний з барабаном ланцюговою муфтою, за допомогою якої передається обертання на барабан;
- кожухів, що вкривають барабан магнітний; конвеєра з натяжною станцією.

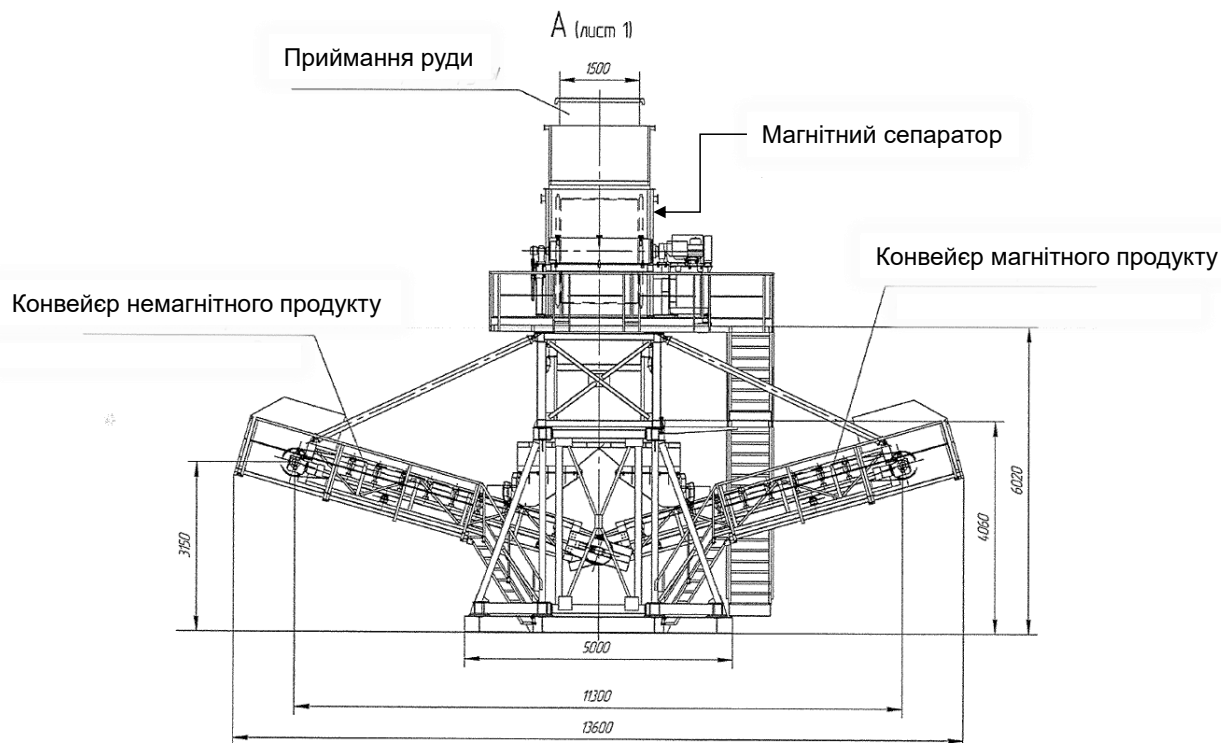
Пристрій для прийому руди, встановлений на натяжній станції, призначений для прийому руди, що надходить на комплекс і рівномірного розподілу її по ширині стрічки конвеєра. Привідним барабаном конвеєра є магнітний барабан. Всередині барабана розташована магнітна система, що дозволяє здійснювати поділ на різні фракції руди, що надходить на комплекс в залежності від її складу/ Магнітна система всередині барабана може перебувати в положенні "руда-порода" або "руда-руда".

Вибір відповідного положення здійснюється поворотом магнітної системи. При виборі положення магнітної системи "руда-порода" руда поділяється на магнітний продукт та породу. При виборі становища магнітної системи "руда-руда" руда поділяється на сильномагнітний і слабомагнітний продукти за певним межуючим відсотковим значенням вмісту магнітного заліза в продуктах.

Рама нижня, опорні рами, ферма являють собою зварні метало-конструкції, які в зборі формують основу для установки модуля вузла рудорозбірки, конвеєрів-розвантажувачів, течок для вивантаження продуктів рудорозбирання, а так само майданчиків обслуговування зі сходами, що дозволяють забезпечити вихід про- персоналу по всіх складових частинах комплексу, що вимагають обслуговування.

Робота комплексу. Руда, що надходить по конвеєру, що подає, приймається пристроєм для прийому руди, з якого потім передається на конвеєрну стрічку і транспортується до місця рудорозбирання, де поділяється на два продукти, зсипається в бункер для прийому продуктів рудорозбирання, через випускні вікна надходить в тічки магніт-немагнітних продуктів, з яких ці продукти видаються на відповідні конвеєри-розвантажувачі та передаються на конвеєри-штабелеукладачі.

Схематично комплекс показано на рисунку 5.2.



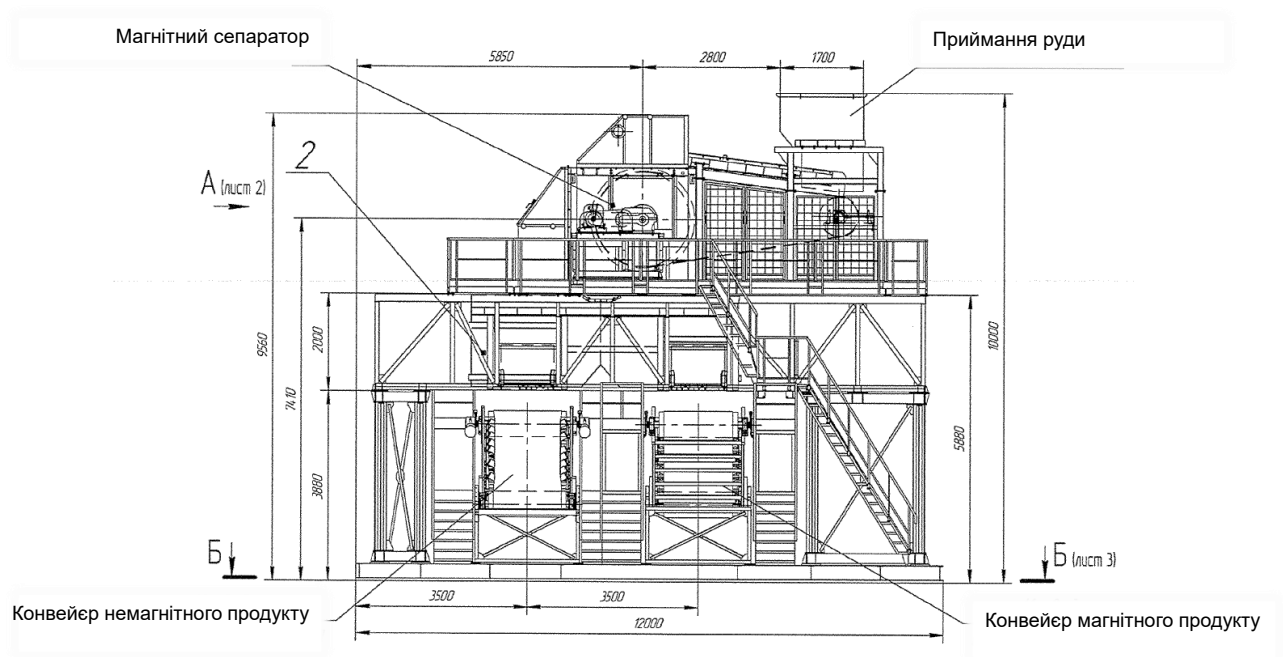


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд комплексу КМР «МАГНІС» КМР-2/1,6 ЦМ

5.3 Вибір конвеєрного обладнання

Для стадії транспортування матеріалу були розглянути стрічкові конвеєри ПАТ «Конвеєрмаш», ТОВ «ПП-ВТС», ТОВ «Rock-Servsce». В склад комплексу КМР включено обладнання компанії ПАТ «Конвеєрмаш» з метою уніфікації обладнання.

5.4. Обґрунтування вибору обладнання для комплексу магнітного рудорозбирання

Пропоноване технологічне обладнання комплексу КМР підібрано виходячи з гірничотехнічних умов Петровського родовища. У рамках виконання магістерської роботи було детально розглянуті обсяги та розмір шматка гірничої маси, що подається на КМР, а також підібрана найбільш ефективна комплектація комплексу сухого магнітної

рудорозбирання. На рисунку 5.3 приведена потужність ланцюга обладнання комплексу.

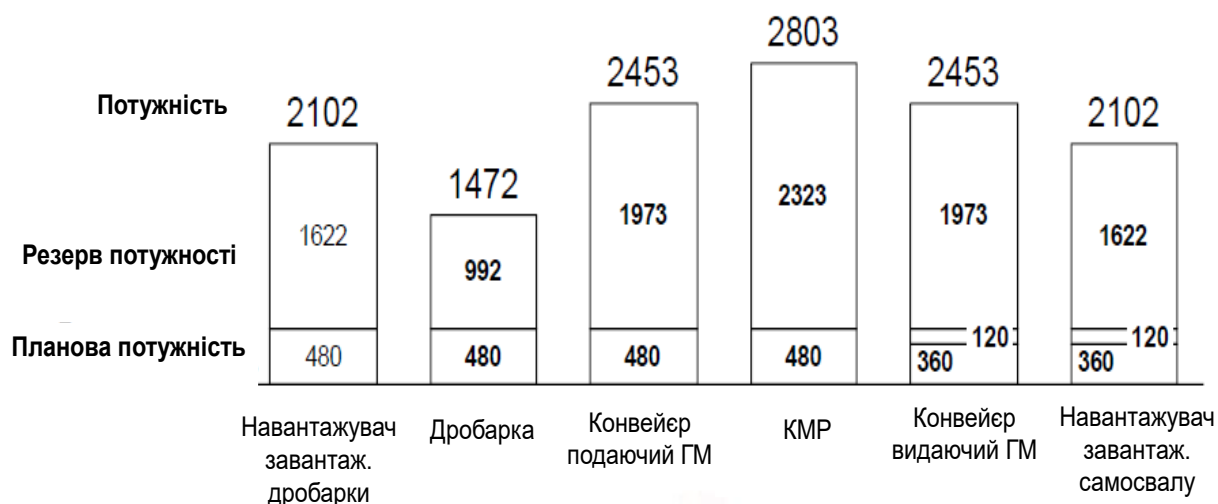


Рисунок 5.3 – Продуктивність ланцюга обладнання комплексу КМР.

Обґрунтування вибору обладнання для комплексу приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Обґрунтування вибору обладнання комплексу

Обладнання	Модель обладнання	Обґрунтування запасу потужності обладнання
1. Дробарка	Sandvik UJ310 Comfort	Дробильна установка обрана виходячи з характеристики розміру живлення приймального вікна -750мм. тому що 92% від загального обсягу гірської маси Петровського родовища складають шматки розміром до 750 мм. (згідно з звітом про науково-

		<p>дослідну роботу - Оцінка якості вибухової підготовки руди та вдосконалення параметрів БВР з метою отримання заданого гранулометричного складу гірничої маси на кар'єрах ВАТ "ЦГЗК" виконаного концерном Южруда в 2007р.).</p> <p>Вибір менш продуктивної дробарки має на увазі зниження розмірів живлення (приймального вікна), що в свою чергу спричинить збільшення обсягу "некондиційних" шматків у гірській масі, що подається. Збільшення кількості "некондиційних" шматків у гірській масі знизить ефективність завантаження комплексу внаслідок збільшення обсягів робіт із класифікації шматків гірничої маси навантажувачем.</p>
2. Колісний навантажувач	БелАЗ-78221	Основним фактором при виборі навантажувача для КМР є відповідність висоти розвантаження ковша до висоти приймального бункера дробарки.
3. Ковейер, який подає гірничу масу	Конвейєр стрічковий В=1200мм	Продуктивність конвеєра, що подає гірську масу з-під дробарки на КМР, підібрана в відповідно до продуктивності дробарки.

4. Комплекс магнітного рудорозбирання	«МАГНІС» КМР-2/1,6 ЦМ	Даний тип установки великокускової магнітної рудорозбирання розрахований під магнітні якості руди Петровського родовища. Зміна його технічних характеристик (розмір подається шматка, продуктивність, габарити) може суттєво вплинути на ефективність рудорозбирання.
5. Конвейера, які видають гірничу масу	Конвейер стрічковий В=1000мм	Продуктивність конвеєра, що видає гірську масу з-під КМР, підібрана відповідно до продуктивності дробарки.

6. Основні показники змін у транспортуванні гірничої маси автосамосвалами при роботі КМР

Комплекс КМР пропонується встановити на майданчику південного борту тимчасового автомобільного відвалу «Північний», розташованого у північному торці Петровського кар'єру (відм. + 145, відм. + 135), що дозволить експлуатувати його без додаткових переносів на протязі 10 років.

Опис зміни вантажопотоків у Петрівському кар'єрі при роботі КМР приведено на рисунку 6.1.

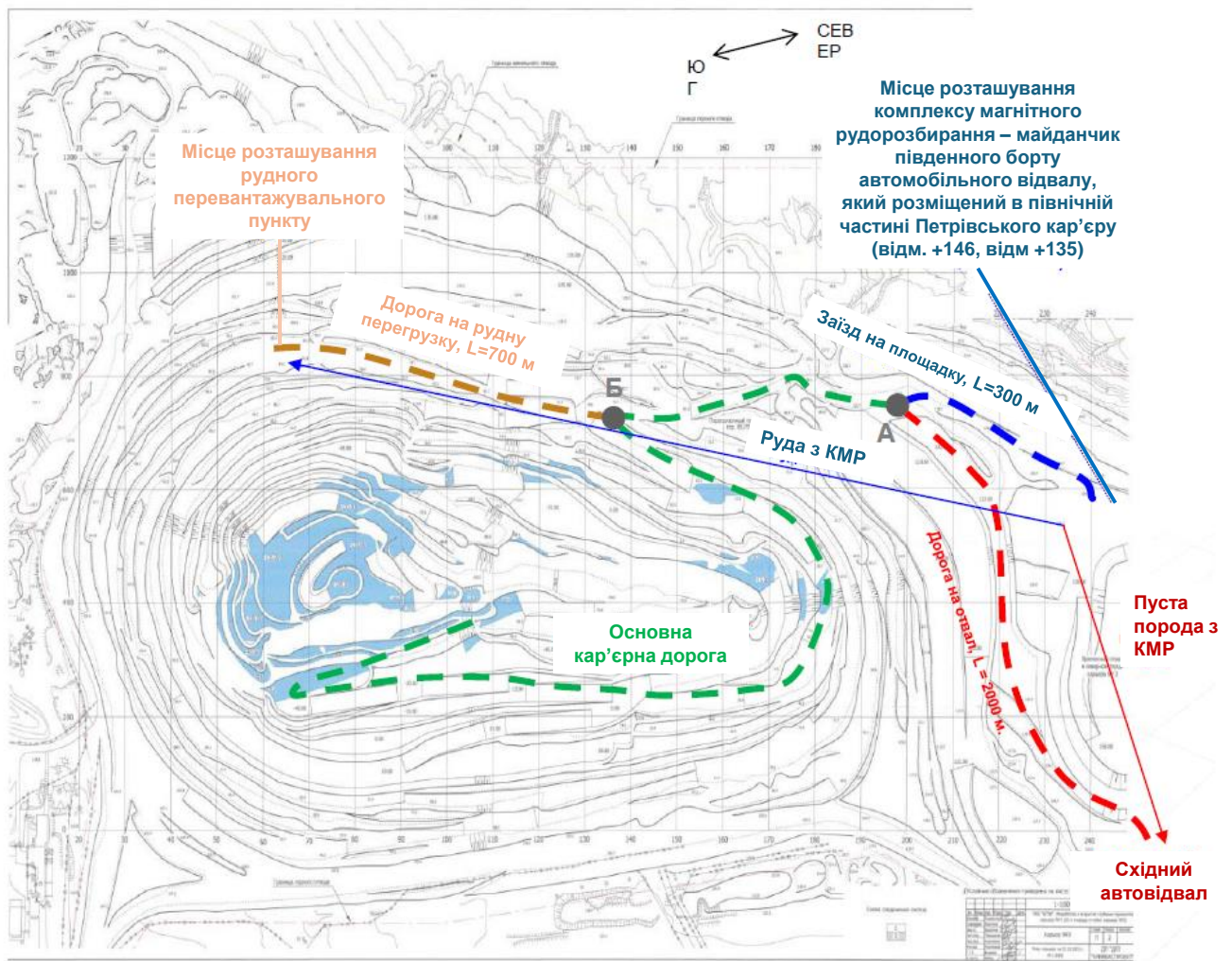


Рисунок 6.1 – Схема зміни вантажопотоків у кар'єрі при роботі КМР

Маршрут транспортування розкритих порід на східний автовідвал пролягає вздовж майданчика розміщення КМР.

Відстань транспортування 480 тис. т гірничої маси від точки «А» на східний автовідвал становить 2 км, що еквівалентно: 960 тис. тнкм; 1275 мотогодин.

При запуску в роботу КМР транспортування 480 тис. тон гірничої маси здійснюватиметься таким чином: 120 тис. т. руди транспортуватиметься від точки «А» до КМР, водночас цим же автосамоскидом на рудну ПП, що еквівалентно: 156 тис. тнкм; 338 мотогодин.

360 тис. т. порожньої породи транспортуватиметься від точки «А» до КМР, водночас цим же автосамоскидом на східний автовідвал, що еквівалентно: 828 тис. тнкм; 1491 мотогодин. Всього: 1476 тис. тнкм; 2743 мотогодин.

Збільшення транспортних робіт при роботі КМР становлять: 24 тис. тнкм; 554 мотогодин, що еквівалентно всього 0,1 автосамоскиду.

Внаслідок вищезгаданих змін робота КМР істотно не вплине на парк автосамоскидів та собівартість транспортування в кар'єрі.

Схема розміщення комплексу КМР на площадці (вид зверху) приведена на рисунку 6.2.

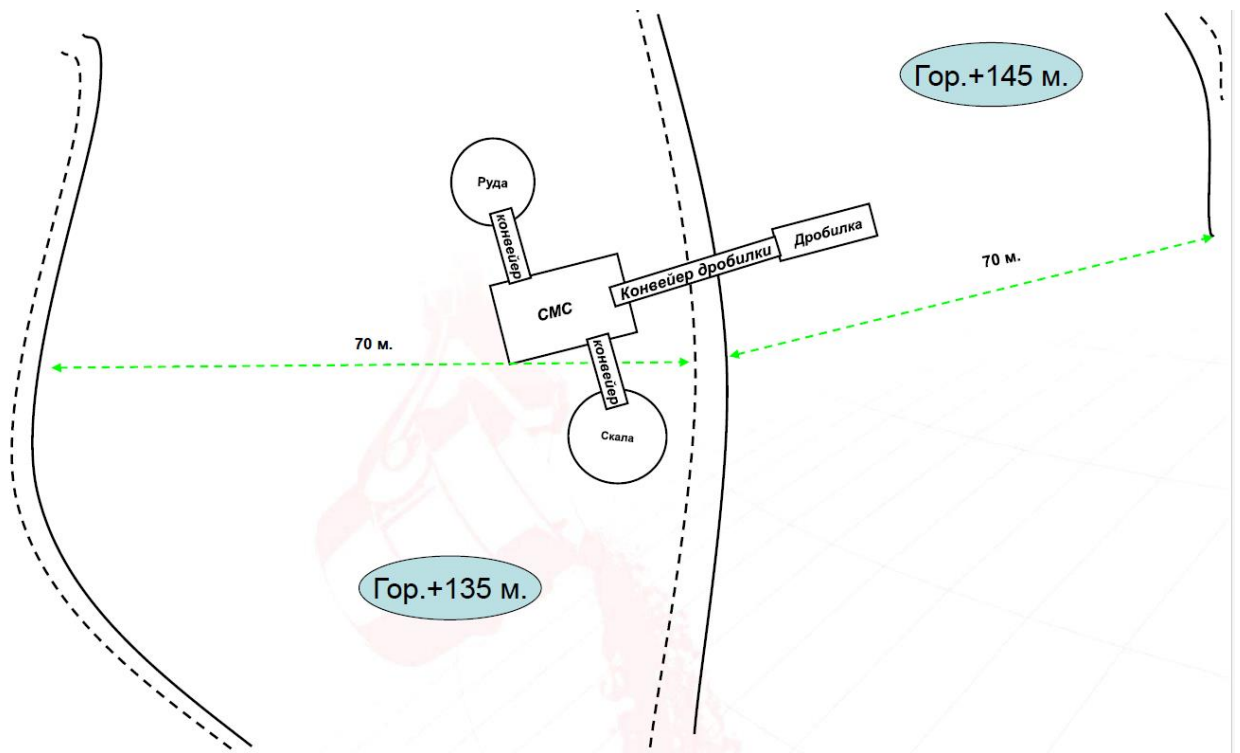


Рисунок 6.2 – Схема розміщення КМР на площадці (вид зверху)

Найбільш оптимальним майданчиком під розміщення КМР є майданчик, що знаходиться на північному борту кар'єра відм. + 145, відм. + 135 . Основні фактори вибору даного майданчика:

Розміщення по ходу руху самоскидів на автовідвал та рудну ПП;

Довгостроковість розташування – розширення північного борту кар'єру планується не раніше 2032 року.

7. Розрахунок показників економічної ефективності впровадження технології крупнокускового магнітного рудорозбирання на Петрівському кар'єрі

7.1 Капітальні вкладення

Капітальні вкладення у будівництво об'єктів дослідно-промислового комплексу магнітного рудорозбирання в Петрівському кар'єрі складають 2 345,2 тис. дол.

Структура капітальних вкладень в промислове будівництво приведена в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Структура капітальних вкладень

№ п/п	Наименование	Од. вим.	Кількість	Ціна	Сума
1	Виконання ТЛЗ	тис. дол	1,0	18,2	18,2
2	Виконання проекту	тис. дол	1,0	252,2	252,2
3	Виконання робочої документації	тис. дол	1,0	300,7	300,7
4	Поставка навантажувача	тис. дол	1,0	462,2	462,2
5	Поставка дробарки	тис. дол	1,0	458,6	456,6
6	Поставка розширювача бункеру дробарки	тис. дол	1,0	28,2	28,2

7	Поставка конвеєрів	тис. дол	1,0	88,5	88,5
8	Поставка КМР МАГНІС	тис. дол	1,0	715,8	715,8
9	Поставка КТП 6/04 кВт	тис. дол	1,0	20,9	20,9
	Всього:	тис. дол			2 343,2

7.2 Чисельність робітників

У структурному відношенні комплекс крупнокускового магнітного рудорозбирання буде підпорядковано Петрівському кар'єру ПРАТ «ЦГЗК».

Чисельність промислово-виробничого персоналу комплексу порахована виходячи з планованого об'єма робіт, річного фонду річного часу з урахуванням прийнятої виробничої структури та режиму роботи.

Облікова чисельність робітників комплексу буде складати 11 чоловік, у тому числі:

- оператор навантажувача – 5 чоловік;
- оператор комплексу – 5 чоловік;
- майстер комплексу – 1 чоловік.
-

Таблиця 7.2 – Розрахунок місячного фонду оплати праці

№ п/п	Посада	Од. виміру	Кількість персоналу	Посадковий оклад	Доплата за шкідливі умови	Відрахування	Премія	Всього
1	Оператор навантажувача	Грн	5	5 089	814	2 308	1 018	46 142
2	Оператор комплексу	Грн	5	5 166	827	2 343	1 033	9 369
3	Майстер комплексу	Грн	1	6 380	немає	2 494	1 276	10 150
	Всього:							65 662

Нарахування на заробітню плату передбачають єдиний внесок на обов'язкове державне соціальне страхування у розмірі 39,1% згідно Закону України від 8.07.2010р. №2464-6.

7.3 Річні експлуатаційні витрати

Готовою продукцією комплексу крупнокускового магнітного рудорозбирання є два продукти, які відрізняються вмістом заліза, пов'язаного з магнетитом (залізо магнітне):

- руда з вмістом заліза магнітного 24%;
- щебінь (пута порода) фракції -300 мм.

Руда з комплексу КМР направляється подальшу переробку для отримання залізного концентрату на збагачувальну фабрику ПРАТ «ЦГЗК».

Річні експлуатаційні витрати на переробку руди на комплексі КМР складають **3 241 тис. грн.** в рік:

- 288 тис. грн. – робота бутобою;
- 1 139 тис. грн. – навантажувач, який навантажую дробарку, а потім самоскид;
- 849 тис. грн. – дробарка;
- 37 тис. грн. – конвеєра;
- 140 тис. грн. – комплекс магнітного рудорозбирання «МАГНІС»;
- 788 тис. грн. – додатковий персонал, який працює на комплексі магнітного рудорозбирання.

Для розрахунку загальної вартості товарно концентрату до річних експлуатаційних витрат необхідно додати витрати на перевезення і переробку додаткової руди:

- 1 506 тис. грн. – залізничні перевезення додаткової руди на фабрику;
- 137 тис. грн. – екскавація;
- 523 тис. грн. – дробильна фабрика – дроблення додаткової руди;
- 3 224 тис. грн. – збагачувальна фабрика – виробництво додаткового концентрату з додаткової руди;

Всього витрати на виробництво товарного концентрату складають **8 630 тис. грн.** в рік. Собівартість додаткового концентрату із руди, яка видобута за допомогою КМР, складає **190,4 грн/тону.**

Дольові складові річних витрат на виробництво додаткового концентрату, видобутого з руди КМР приведено на рисунку 7.1.

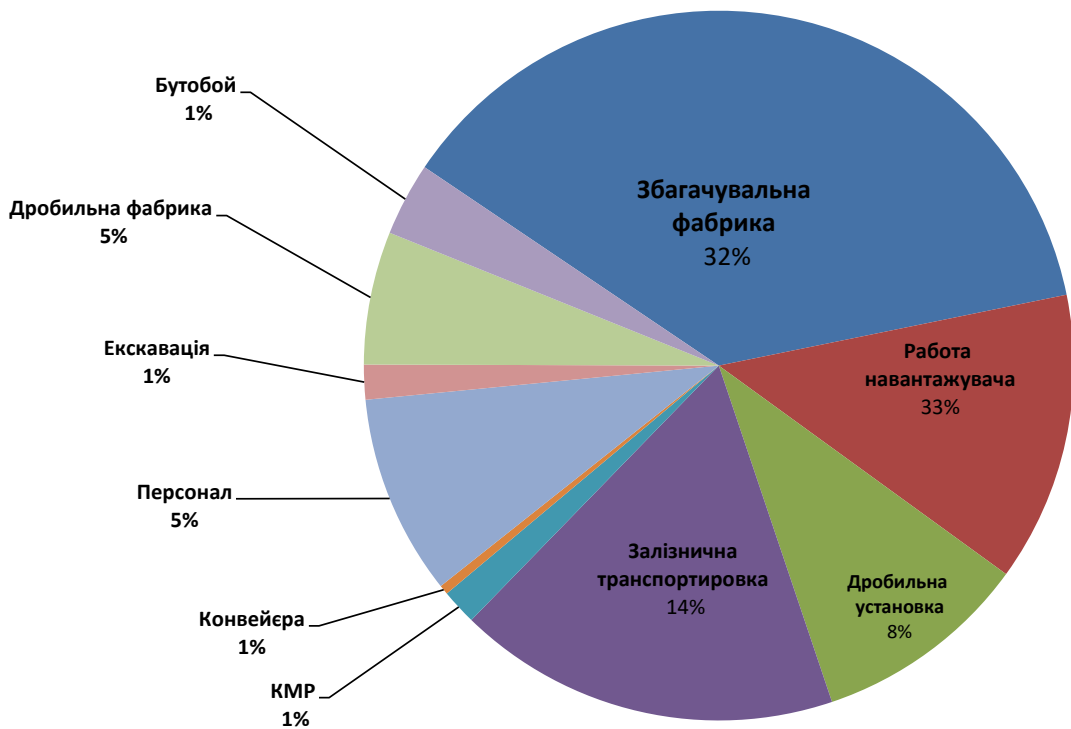


Рисунок 7.1 – Дольові складові річних витрат на виробництво додаткового концентрату.

7.4 Розрахунок показників ефективності інвестицій

Оцінка економічної ефективності впровадження проекту будівництва опитно-промислового комплексу крупнокусового магнітного рудорозбирання у Петрівському кар'єрі виконана у відповідності до «Методичних рекомендацій по підготовці інвестиційних проектів» Міністерства економіки України (Київ, 2005р.).

В якості основних показників, які використовуються для розрахунків ефективності, визначені наступні:

- чистий дохід;
- чистий дисконтований дохід (ЧДД, або NPV);
- індекс прибутковості (PI);
- внутрішня норма дохідності (IRR);
- період окупності;

Найважливішим показником ефективності проекту є чистий дисконтований дохід – сумарний дисконтований ефект за розрахунковий період. Показник ЧДД розраховується за формулою:

$$\text{ЧДД} = \text{Эинт} = \sum_1^T (R_t - C_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \quad (7.1)$$

де R_t - результати, що досягаються на 1-му етапі розрахунку;

C_t - витрати (включаючи капітальні) на тому ж кроці;

T – горизонт розрахунку, тобто тривалість оцінюваного терміну.

Чистий дисконтований дохід визначається як різниця між дисконтованими сумами щорічних позитивних та негативних значень потоку фінансових коштів протягом періоду, що оцінюється (горизонту розрахунку), приведених до теперішнього часу.

Якщо величина ЧДД позитивна, проєкт є ефективним за встановленої нормою дисконтування. Чим більше ЧДД, тим ефективніший проєкт.

Індекс прибутковості (PI) – відношення суми приведених ефектів до величини суми дисконтованих капвкладень визначається за формулою:

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \cdot \sum_1^T (R_t - C_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \quad (7.2)$$

Індекс дохідності характеризує порівняльну рентабельність інвестицій в оцінюваних випадках, особливо у випадках, коли вони різняться за термінами оцінки. Якщо індекс прибутковості більше одиниці, що має місце при позитивному значенні чистого дисконтованого доходу, то інвестиції ефективні, якщо $\text{ИД} < 1$ то проєкт економічно недоцільний.

Внутрішня норма дохідності – це така величина ставки дисконтування, при якій показник NPV дорівнює нулю.

Період окупності – період часу від початкового моменту інвестування до моменту окупності. Момент окупності – момент часу, після якого накопичувальний чистий дохід стає додатнім.

За початок розрахункового періоду в дипломній роботі прийнято 2013 рік – дата початку капітальних вкладень в проектно-вишукувальні роботи. За протяжність реалізації проекту прийнято період до 2026 року.

Чиста приведена вартість порахована з урахуванням інвестицій, які передбачені на організацію технологічного процесу магнітного рудорозбирання, а також вартості на залізорудний концентрат з вмістом заліза 68,2%. Ціна на залізорудний концентрат в розрахунках прийнята в розмірі 95 доларів за тону концентрату, яка в розрахунках помножається на індекс інфляції. Ставка дисконтування в розрахунках прийнята 15%. Ставка податку на прибуток прийнята в розмірі 18% від прибутку.

Моделювання грошових потоків у інвестиційний період виконано без податку на додану вартість.

Розрахунок витрат на виробництво додаткового концентрату, який виробляється із руди КМР, виконано з урахуванням індексів інфляції. Розрахунок витрат на виробництво концентрату із руди (магнітного продукту), який отримуємо на комплексі крупнокускового магнітного рудорозбирання, виконано в діючих цінах з урахуванням її переробки на збагачувальній фабриці по технологічній схемі і показникам, які прийняті на фабриці (дроблення, збагачення, сепарація).

Повні витрати на отримання концентрату по технічним рішенням при переробці на КМР гірничої маси, що відноситься до планових витрат згідно з пробами №1 і №3 приведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Повні витрати на отримання концентрату з руди КМР

№ п/п	Стаття витрат	Витрати	
		Всього, тис. грн/рік	На 1т концентрату
1	Виробнича собівартість руди після КМР	3 241	72,0
2	Витрати на навантаження руди у залізничний транспорт	137	3,0
3	Витрати на перевезення руди на дробильну фабрику	1 506	33,5
4	Витрати на дроблення руди	523	11,6
5	Витрати на збагачення руди	3 224	71,6
6	Виробнича собівартість концентрату	8 631	191,8
7	На 1 тону концентрата		191,8

Рух грошових потоків за інвестиційний період і результати розрахунків показника EBITDA представлені в таблиці 7.4.

Інтегральні показники ефективності інвестиційного проекту будівництва опитно-промислового комплексу КМР у Петрівському кар'єрі приведені у таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Показники ефективності інвестиційного проекту

№ п/п	Назва показника	Од. виміру	Значення показнику
1	Інвестиції	тис. дол.	2 343,2

2	Чистий дисконтований дохід (NPV)	тис. дол.	4 613,0
3	Період окупності без урахування фактору дисконтування	місяців	29,0
4	Період окупності дисконтований	місяців	28,0
5	Індекс придатковості (PI)	дол.од.	3,2
6	Внутрішня норма дохідності (IRR)	%	243,0

Результати розрахунків показників ефективності впровадження проекту показали, що проект має додатній показник NPV = 4 613 тис. дол, внутрішню норму дохідності 243% і окупність капітальних інвестицій до 3 років з моменту початку інвестицій.

7.5 Аналіз чутливості проекту

Аналіз чутливості і стійкості проекту виконаний по показнику чистий дисконтований дохід (NPV). Зміна інтегральних показників економічної ефективності проекту оцінено на основі динаміки наступних параметрів:

- інвестиції у проект;
- об'єм концентрату;
- ціна концентрату;
- витрати на роботу комплексу КМР.

Значення NPV при зміні аналізованих параметрів від 10% до 60% в кращу і в гіршу сторони приведені на рисунку 7.2.

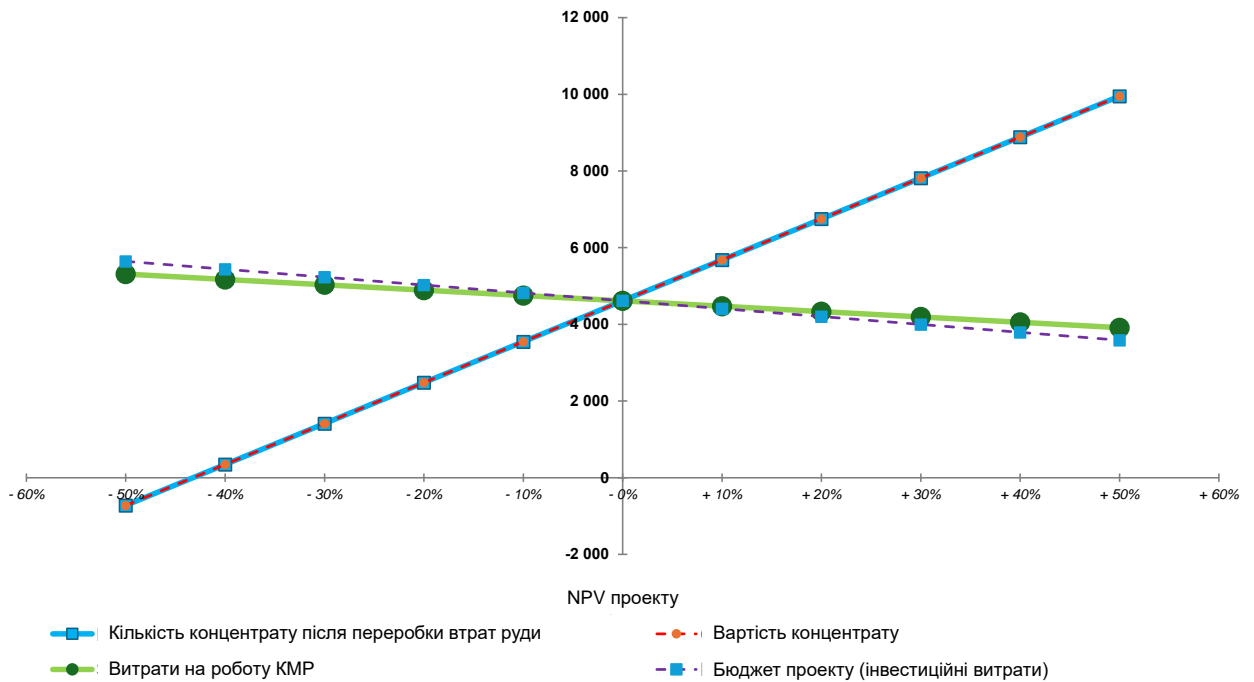


Рисунок 7.2 – Значення NPV при зміні аналізованих параметрів.

Аналіз чутливості проекту показує:

1. При зміні параметрів «інвестиції» та «витрати на роботу КМР» на 10-60% в більшу і в меншу сторони чистий дисконтований дохід залишається додатнім.
2. Проект найбільш чутливий до показників «додатковий об'єм концентрату» та «вартість концентрату», та при зменшенні цих показників на 43,2% чистий дисконтований дохід дорівнює нулю. Мінімальні значення показників, при яких зберігається економічна ефективність і прибутковість проекту приведені в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Мінімальні показники економічної ефективності проекту

№ п/п	Найменування параметрів	Од. виміру	Прийняті в розрахунку	Зміна параметру	Значення параметру при NPV=0
1	Інвестиції	тис. USD	2 343,20	230,9	7 754,80
2	Додатковий об'єм концентрату	тис. тон	322	-43,2	183
3	Вартість реалізації концентрату А-1	USD/тону	62,2	-43,2	35,3
4	Витрати на роботу КМР (приведені за 7 років)	тис. USD	1 482	299	5 920

7.6 Графік впровадження проекту

Графік впровадження проекту складається з трьох основних етапів:

1. Розробка проектно-кошторисної документації;
2. Закупівля виготовлення і поставка обладнання комплексу;
3. Будівельно монтажні роботи.

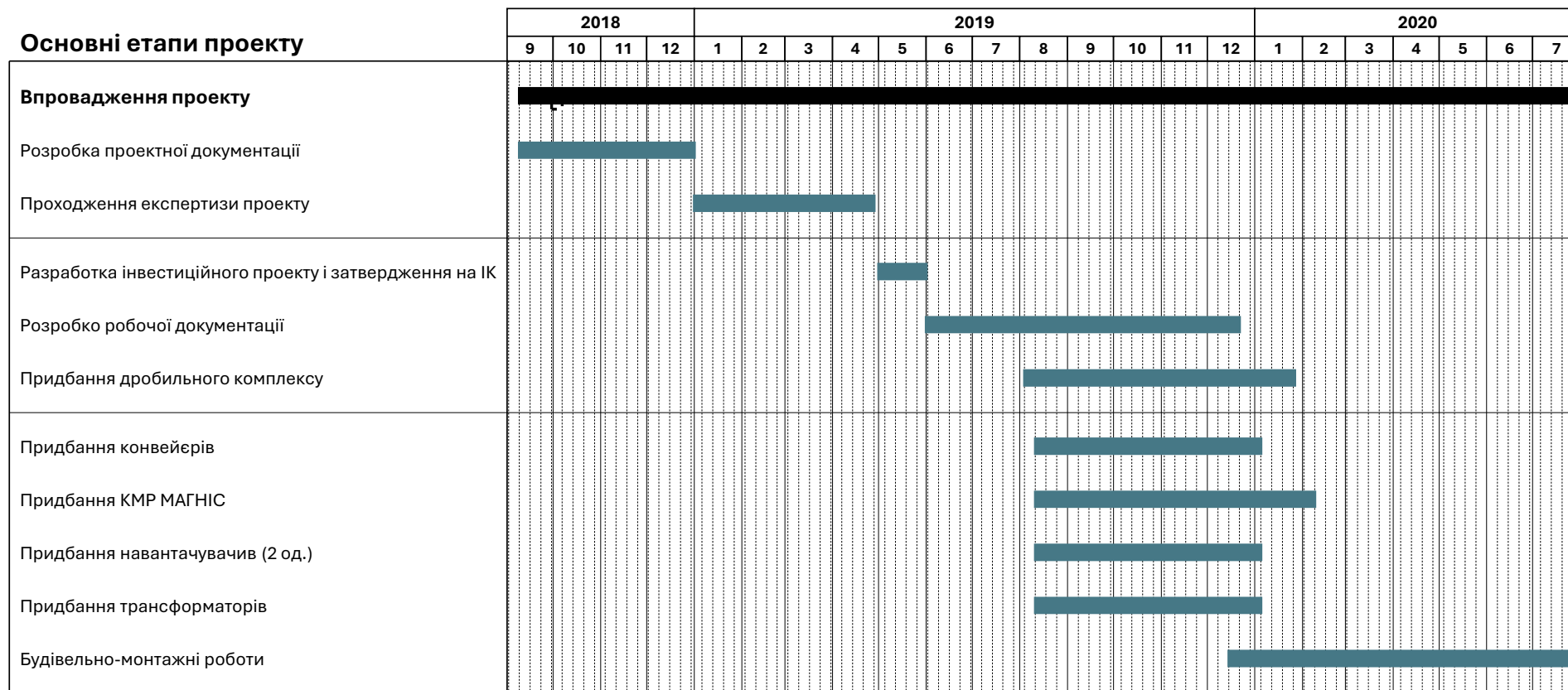
Найдовшим етапом є розробка проектно-кошторисної документації та робочого проекту, який займає більше року. Безпосередньо будівельні роботи займають 6 місяців.

Загальний термін впровадження проекту складає 2 роки, графік впровадження проекту приведений на рисунку 7.3 .

Таблиця 7.3 – Рух грошових потоків за інвестиційний період

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Вартість електроенергії		<i>грн/кВт</i>	0,70	0,74	0,75	0,78	0,82	0,85	0,88	0,92	0,96	1,05
Витрати на дроблення бутобосм												
	Кількість гірничої маси в бутах	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Об'єм негабаритної гірничої маси	<i>тис.тон</i>	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
	Витрати на роботу бутобою	<i>тис.грн</i>	288	306	325	407	364	384	402	421	442	241
Затрати на роботу КМР												
Навантажувач	Витрати на роботу навантажувача при загрузці ГМ в дробарку	<i>тис.грн</i>	569	609	650	694	734	776	812	850	890	932
	Витрати на роботу навантажувача при відвантаженні руди з КМР	<i>тис.грн</i>	142	152	163	174	183	194	203	213	222	233
	Витрати на роботу навантажувача при відгрузці скали з КМР	<i>тис.грн</i>	427	457	488	521	550	582	609	638	667	699
	Ітого	<i>тис.грн</i>	1139	1217	1301	1388	1468	1551	1624	1700	1780	1863
Дроблення	Енергоспоживання при роботі ДК	<i>тис.кВт</i>	306	306	306	306	306	306	306	306	306	306
	Витрати на електроенергію при роботі ДК	<i>тис. грн</i>	216	226	229	240	250	261	270	281	295	309
	Витрати на ремонти, змінне обладнання і ТО ДК	<i>тис. грн</i>	634	691	746	798	846	897	941	989	1038	1090
	Ітого	<i>тис. грн</i>	849	916	975	1037	1096	1158	1212	1270	1333	1399
КМР	Витрати на електроенергію при роботі КМР	<i>тис.кВт</i>	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
	Витрати на електроенергію при роботі КМР	<i>тис.грн</i>	48	51	51	54	56	59	61	63	66	69
	Витрати на ремонти і ТО КМР	<i>тис.грн</i>	92	100	108	115	122	130	136	143	150	165
	Ітого	<i>тис.грн</i>	140	150	159	169	178	188	197	206	216	227
Конвейєра	Витрати на електроенергію конвейєра	<i>тис.кВт</i>	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
	Ітого витрати на електроенергію	<i>тис.грн</i>	37	39	40	41	43	45	47	49	51	53
	Витрати на ТО конвейєра КМР	<i>тис.грн</i>	0	1	223	238	0	268	281	0	0	0
	Ітого витрати на електроенергію	<i>тис.грн</i>	37	40	262	280	43	313	328	49	51	53
Персонал	Затрати на обслуговуючий персонал	<i>тис.грн</i>	788	828	869	913	958	1006	1056	1109	1165	1223
Ітого	Затрати на роботу КМР	<i>тис.грн</i>	2953	3152	3566	3787	3744	4217	4334	4545	4765	4995
		<i>тис.долл</i>	75	332	355	361	344	374	382	365	373	390
Витрати на залізничну транспортовку												
Руда Ж/Д	Відстань від Кар'єру №3 до ДФ	<i>км</i>	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5
	Додатковий об'єм перевезення руди	<i>тис.ткм</i>	4620	4620	4620	4620	4620	4620	4620	4620	4620	4620
	Вартість додаткового об'єму перевезення руди	<i>тис.грн</i>	1436	1520	1614	1721	1817	1917	2004	2095	2189	2288
Скала ДФ-відвал	Відстань від ДФ до відвалів	<i>км</i>	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Додатковий об'єм перевезення скали	<i>тис.ткм</i>	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
	Вартість додаткового об'єму перевезення скали	<i>тис.грн</i>	69	73	78	83	88	93	97	101	106	111
Витрати на екскавацію												
Руда на перегрузке	Навантаження Руди в вагони на ПП	<i>тис.м3</i>	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	Витрати на навантаження руди із ПП в вагони	<i>тис.грн</i>	126	134	142	151	159	168	176	184	193	203
Скала з ДФ	Навантаження Скали з ДФ на відвали	<i>тис.м3</i>	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
	Витрати на погрузку скали з ДФ на відвали	<i>тис.грн</i>	11	12	13	16	14	15	16	17	17	19
	Ітого	<i>тис.грн</i>	137	146	155	167	173	183	191	200	210	221
Витрати на Дроблення і Збагачення на фабриках												
ДФ	Додаткові витрати на дроблення ДФ	<i>тис.грн</i>	523	563	596	633	669	706	738	772	811	892
ОФ	Додаткові витрати на збагачення ЗФ	<i>тис.грн</i>	3224	3431	3578	3779	3976	4179	4352	4547	4774	5238
Вартість реалізації додаткового концентрату												
Витрати на доп.концентрат	Вартість додаткового концентрату	<i>тис.грн</i>	8630	9192	9913	10577	10830	11677	12201	12471	13077	14104
	Собівартість додаткового концентрату	<i>тис.долл</i>	969	967	987	1007	995	1036	1055	1051	1074	1101
	Вартість реалізації додаткового концентрату	<i>долл/тонну</i>	94,8	80,4	68,1	47,2	49,1	50,8	52,5	54,3	54,3	54,3
Реалізація	Вартість реалізації додаткового концентрату	<i>тис.долл</i>	4298	3549	2888	2004	2114	2276	2404	2691	2508	2394
	ЕВІТДА (Прибыль от реализации дополнительного концентрата)	<i>тис.долл</i>	3329	2582	1900	997	1119	1240	1349	1640	1434	1297

Рисунок 7.4 - Графік впровадження проекту



8. Охорона праці, техніка безпеки і пожежна безпека

Основні виробничі процеси, згідно ДБН В.2.2-28:2010 відносяться до групи 1а. По степеню пожежної небезпеки, згідно НАПБ Б.03.002-99, комплекс крупнокускового магнітного рудорозбирання з розміщенням усього обладнання на відкритих площадках відноситься до категорії «Д».

Джерелами підвищеної небезпеки комплексу є: приймання, транспортування, перевантаження, дроблення руди з виділенням у повітря робочої зони рудного пилу.

Санітарне і побутове обслуговування працівників передбачається в побутових приміщеннях існуючого АБК. Для побутових потреб у відповідності з п.7.8 СП 3905-85 (Санітарних правил для підприємств по видобутку і збагаченню корисних копалин), на площадці відвалу «Північний» передбачено вагон-битовку, яка слугує для короткочасного відпочинку робітників, з розміщенням у неї баку для питної води, термосу для гарячого чаю і пристроїв для обігріву. Там же зберігається медична аптечка.

Безпечні умови праці забезпечуються виконанням норм технологічного проектування.

Для зниження до санітарних норм шкідливого впливу виробничих процесів на обслуговуючий персонал передбачаються наступні заходи:

- організація захисних укриттів технологічного обладнання з місцевим відсмоктуванням пилу;
- очистка повітря, яке видаляється місцевими відсмоктувачами перед викидами в повітря;
- максимальна автоматизація технологічного процесу;

Безпечні умови праці забезпечуються виконанням норм технологічного проектування:

- автоматизація, дистанційне керування і блокування обладнання;
- загородження перилами відкритих проємів і площадок;

- забезпечення працівників спецодягом, засобами захисту органів дихання і слуху;
- виконання норм обслуговування обладнання і комунікацій;
- виконання правил експлуатації технологічного обладнання;
- виконання правил експлуатації електроустановок, силових кабелів і заземлення;
- виконання правил безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт.

Проектом передбачається забезпечення трудящих спецодягом, взуттям, спеціальними захисними засобами відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.24-10, місцевими інструкціями та нормами, розробленими та затвердженими керівництвом гірничо-збагачувального комбінату. Доставка трудящих до робочих місць здійснюється спеціалізованим автотранспортом підприємства, що є в наявності.

Проїзд трудящих комбінату від місць постійного проживання на промплощадку гірничо-збагачувального комбінату здійснюється транспортом загальноміського користування та частково автобусами підприємства.

Відповідно до законодавства України про охорону праці та пожежну безпеку проектом передбачається організація професійно-технічної підготовки трудящих з метою отримання ними знань по техніці безпеки та отримання необхідних навичок праці на робочих місцях відповідно до технологічного процесу виробництва, а також забезпечення їх санітарно-побутовим, медичним та оздоровчо-профілактичним обслуговуванням, забезпечення взуттям та спецодягом, створення нормальних умов праці на робочих місцях, забезпечення пожежної безпеки робочих місць.

При веденні гірничих робіт в кар'єрі та на відвалах відбувається пилоутворення

при вантаженні гірничої маси в транспортні засоби, розвантаженні та укладанні її у відвали, бурінні вибухових свердловин, здуванні пилу з бортів кар'єру.

Для зниження кількості пилу в районі робочих місць проектом передбачені:

- поливи водою (зрошування) екскаваторних вибоїв, на перевантажувальних майданчиках та на відвалах спеціальними поливальними автомашинами, витрата води 30 л на 1 м³ гірничої маси, періодичність зрошування забоїв літом, в сухий жаркий період - 2 рази в добу, впродовж 90 діб, в іншу пору року - 1 раз на добу впродовж 200 діб;

- заходи по скороченню шкідливих викидів в атмосферу та зниженню впливу сейсмічних коливань при проведенні масових вибухів в кар'єрі;

- пиловловлювання при бурінні свердловин легко-водною сумішшю передбачено установками, що комплексно поставляються з буровими верстатами;

- полив автодоріг та майданчиків у вибоях під час навантаження гірничої маси, відповідно до норм технологічного проектування гірничодобувних підприємств;

- забезпечення герметичності кабін машиністів гірничо-транспортного устаткування.

Для діючого устаткування передбачається виконання графіків планово-запобіжних ремонтів устаткування з обов'язковою перевіркою ізоляції та герметичності кабін, регулярним прибиранням кабін від пилу (НПАОП 0.00-1.24-10).

При цьому визначальним є дотримання персоналом працівників вимог "Правил охорони праці при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом" (НПАОП 0.00-1.24-10).

На виконання гірничих робіт, а також на експлуатацію гірничого, транспортного, конвеєрного устаткування та електроустаткування

(підстанції, розподільні пристрої, трансформатори та мережі) на підприємстві мають бути відповідні дозволи видані Головним управлінням ДЕРЖПРАЦІ в Дніпропетровській області.

Для підтвердження технічної придатності гірничотранспортного устаткування, на комбінаті щорічно складаються графіки проходження експертного обстеження.

8.1 Протипожежна безпека

Для забезпечення правил пожежної безпеки технологічного процесу передбачається первинні засоби пожежогасіння. Пожежна безпека операторної передбачає автоматичну пожежну сигналізацію. Передбачається застосування сертифікованого обладнання для установок пожежної сигналізації і системи оповіщення про пожежу. При візуальному виявленні пожежі передбачені ручні пожежні оповіщувачи.

Все обладнання, комплексу КМР, повинно відповідати нормам і правилам пожежної безпеки. Паливно-мастильні та обтиральні матеріали на робочих місцях повинні зберігатися в замкнених металевих емністях в кількості не більше добової потреби в кожному з видів матеріалів. Зберігання легкозаймистих речовин (бензин, гас, і ін.) На робочих місцях не дозволяється.

Згідно з "Правилами пожежної безпеки" передбачається на комплексі мати справний порошковий або вуглекислотний вогнегасник.

Електроустановки повинні відповідати вимогам діючих "Правил обладнання електроустановок" (ПОЕ), "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" (ПТЕ), "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" (ПТБ) та інших нормативних документів.

Електричні машини, апарати, обладнання, електроприводу і кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони

(за ПОЕ), мати апаратуру захисту від струмів короткого замикання та інших аварійних режимів.

Всі місця робіт на підприємстві повинні бути освітлені у відповідності з діючими нормами.

8.2 Заходи по зниженню шумів та вібрації

Джерелами шуму в кар'єрі є автомобільний та залізничний транспорт, екскаватори, бульдозери, бурові верстати, господарська та обслуговуюча техніка та інше устаткування, періодично працююче в кар'єрі.

Шум в кар'єрі класифікується як широкопasmовий, непостійний, такий, що коливається за часом та залежить безпосередньо від періодично працюючого в кар'єрі устаткування впродовж зміни.

За тимчасовими характеристиками шум характеризується як непостійний.

Непостійний шум представляється як переривчастий залежно від циклічності працюючого в кар'єрі устаткування, імпульсні прояви шуму відсутні.

Шум на робочих місцях гірничо-транспортного устаткування не повинен перевищувати гранично допустимий рівень (80 ДБа). Житлова забудова від межі кар'єру у відпрацьованому виді по поверхні знаходиться за межами санітарно-захисної зони, що свідчить про достатню її віддаленість від джерел шуму, в зв'язку, з чим немає необхідності передбачати спеціальні заходи по облаштуванню екрануючих перешкод.

Крім того, джерела шуму зосереджені в кар'єрі, тому природною перешкодою на шляху поширення шуму є борти кар'єру, відвали, а також поверхня, поросла травою або покрита снігом.

Іншим заходом по захисту від шуму являється застосування в проекті типового, серійного устаткування та транспортних засобів, які за шумовими характеристиками відповідають нормативним параметрам. Шумові характеристики цього устаткування або граничні їх значення повинні вказуватися в паспорті або керівництві по їх експлуатації, що повинне контролюватися відповідними службами під час його придбання. Для підтримки устаткування в робочому, справному стані на підприємстві є відповідна ремонтна служба та штати обслуговуючого персоналу.

Адміністрація комбінату здійснює, на підставі матеріалів замірів рівнів шуму та вібрації на робочих місцях, своєчасне забезпечення робітників індивідуальними засобами захисту (НПАОП 0.00-1.24-10), передбачивши для цієї мети необхідне фінансування на їх придбання за рахунок поточних витрат. Виконання проектних робіт для вказаних вище заходів не потрібно. З метою створення комфортних умов для обслуговуючого персоналу перераховане устаткування оснащується вібро- та шумопоглинаючими прокладеннями під сидіннями машиністів, персонал забезпечується взуттям, що є віброгасячим, та килимками.

З метою зниження рівня вібрації на робочих місцях проектом передбачається наступні організаційно-технічні заходи:

- придбання нового устаткування, що серійно випускається, та транспортних засобів, які за своїми характеристиками відповідають нормативним вимогам по рівню вібрації, замість працюючого, знос якого складе 50 - 90 %;

- при придбанні нового, серійно випускаемого устаткування, відповідальний персонал зобов'язаний здійснювати перевірку наявності вібраційних характеристик в паспорті, а при експлуатації - виконувати контроль з метою відповідності цих вібраційних характеристик паспортним або нормованим;

- своєчасне проведення планового та попереджувального ремонту устаткування з обов'язковим післяремонтним контролем вібраційних характеристик, до роботи повинне допускатися тільки

справне устаткування, що відповідає вимогам санітарних норм вібрації робочих місць.

При виконанні вказаних заходів досягаються нормовані рівні виробничої вібрації.

Висновки

У Петрівському кар'єрі видобувається залізна руда з якістю руди $Fe\ mg = 24\%$, проектний об'єм видобутку 6 000 тис. тон на рік.

Під час видобутку руди у кар'єрі, а саме під час підривання рудних блоків в зонах контакту рудних і скельних блоків відбувається перемішування руди з пустою породою, що призводить до засміченні руди та її втрат. Засмічену руду везуть на фабрику для подальшого дроблення і збагачення, а втрати везуть у відвали.

Згідно з проектом «Третя черга поглиблення Петрівського кар'єру», втрати руди затверджені на рівні **4%** від загальної маси видобуваної руди, що в річному еквіваленті складає близько 240 тис. тон руди з вмістом заліза $Fe\ mg = 24\%$.

Існує можливість підвищити якість сировини, що видобувається у зонах контакту «руда-скала» і зменшити втрати руди на 50%, за рахунок залучення у переробку засміченої гірничої маси з вмістом $Fe\ mg\ 7,5 - 14\%$. Для цього необхідно застосувати технологію крупнокускової магнітної рудорозбірки (КМР), яка буде розділяти гірничу масу із зон контактів на пусту породу і кондиційну руду.

Технологічна схема крупнокускової магнітної рудорозбірки (КМР) включає операції крупного дроблення на дробарці і механізованої магнітної рудорозбірки на комплексі КМР. В результаті роботи комплексу КМР утворюються два продукти: руда і пуста порода, які відрізняються вмістом заліза ($Fe\ mg$). Руда, як готова продукція направляється на подальшу переробку на збагачувальну фабрику ПРАТ «ЦГЗК» для отримання залізородного концентрату. Пуста порода (щебінь), як попутна продукція КМР, застосовується для будівництва і підсипки автомобільних доріг в кар'єрі.

Результати випробувань на комплексі КМР показали, що: всі представлені проби гірничої маси були ефективно розділені на кондиційну руду і продукт з вмістом магнітного заліза нижче бортового

значення. Такий поділ ефективно забезпечується при крупності шматків до -350 мм. Механізованій магнітній рудорозборці необхідно піддавати всі гірські маси, здобуті в контактних зонах. У тому числі гірські маси з вмістом заліза вище бортового.

Були проведені розрахунки показників економічної ефективності впровадження комплексу КМР в умовах Петрівського кар'єру. Капітальні вкладення у будівництво об'єктів дослідно-промислового комплексу магнітного рудорозбирання в Петрівському кар'єрі складають 2 345,2 тис. дол.

Результати розрахунків показників ефективності впровадження проекту показали, що проект має додатній показник **NPV=4 613 тис. дол**, внутрішню норму дохідності 243% і окупність капітальних інвестицій **до 3 років** з моменту початку інвестицій, що підтверджує доцільність впровадження даної технології.

Запропонована технологія крупнокускового магнітного рудорозбирання відповідає діючим нормам і правилам з охорони праці та експлуатації обладнання в умовах кар'єру: НПАОП 0.00-1.24-10 «Правилами охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом».

Перелік використаної літератури

1. СОУ-Н МПП 73.020-078-1: 2007. Норми технологічного проектування гірничо-видобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалини. Частина 1. Київ, 2007 126 стор.
2. Проект "Розкриття та розробка глибоких горизонтів кар'єра №3 (III-я черга поглиблення)", Кривий Ріг, 2018, 182 стор.
3. Коригування календарних планів розвитку гірничих робіт кар'єра №3 на 2022-2023рр. та до кінця відпрацювання до проекту "Розкриття та розробка глибоких горизонтів кар'єра №3 (III-я черга поглиблення)", Кривий Ріг 112 стор.
4. Проект «Реконструкція Ганнівського кар'єру ПРАТ «ПІВНГЗК» Дніпропетровська область, м. Кривий Ріг, Тернівський район, для підтримки діючих потужностей комбінату на період з 2022 року по 2037 рік» розроблений згідно з ДУ№1 від 11.02.2021 на підставі договору: №726ю/732 від 31.05.2018. м. Кривий Ріг, 2022р, 146 стор.
5. Техніко-економічний розрахунок «Будівництво дослідно-промислового комплексу великокускової магнітної рудорозборки» 169с.
6. Лист ГП «Кривбаспроект» щодо якості і гірничої маси руди у зонах контакту «руда-скала», Кривий Ріг 4 стор.
7. Розрахунки економічної ефективності впровадження проекту «Будівництво дослідно-промислового комплексу великокускової магнітної рудорозборки», Кривий Ріг 12стор.
8. Проект «Розкриття та розробка глибоких горизонтів кар'єру №3 (III-я черга поглиблення)», м. Кривий Ріг, 2018р, 235 стор.