

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра гірничої справи

«Допущено до захисту»

Гарант ОПП

Григор'єв Ігор Євгенійович

### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання

освітньо-професійної програми

«Технології відкритої розробки родовищ»

за спеціальністю 184 Гірництво

на тему «Шляхи підвищення ефективності бурових робіт на кар'єрі ПрАТ  
«Інгулецький ГЗК»

Керівник роботи

Григор'єв Юліан Ігорович

Наставник від бази практики

Скрипниченко Дмитро Віталійович

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

Здобувач

Неісало Сергій Григорович

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

Голова ЕК

---

## Запоріжжя 2025

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
ЗДОБУВАЧА МАГІСТЕРСЬКОГО РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	гірничо-металургійний
Кафедра	Гірничої справи
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність ОПП	184 Гірництво «Технології відкритої розробки родовищ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

\_\_\_\_\_ Ігор Григор'єв

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_.2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Неісало Сергій Григорович

1. **Тема роботи:** «Шляхи підвищення ефективності бурових робіт на кар'єрі ПрАТ «Інгулецький ГЗК»

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничої справи Григор'єв Юліан Ігорович, затверджено наказом Університету №238 від 14.10.2024.

2. **Термін подання роботи:** 10.02.2025

3. **Вихідні дані до роботи:**

Типовий проект буровибухових робіт в умовах кар'єру ПрАТ «ІНГЗК», паспорти ведення бурових робіт ПрАТ «ІНГЗК», акт по використанню бурової добавки «Matex Torqueless», пояснювальна записка до програми гірничих робіт на 2024 рік, статті з журналів та наукової літератури різних авторів, що описують бурові добавки та

технології по збільшенню ресурсів бурового інструменту, методична література з тематики ведення бурових робіт, дані інструментальних досліджень, дані отримані у ході переддипломної практики.

Зміст пояснювальної записки:

Анотація. Зміст. Вступ. РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ МІЦНИХ СКЕЛЬНИХ ПОРІД РОЗДІЛ 2. ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ ПРАТ «ІНГЗК» ПО ПІДВИЩЕННЮ СТІЙКОСТІ БУРОВИХ ДОЛІТ РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ЗБІЛЬШЕННЯ ХОДИМОСТІ ДОЛІТ У СВІТІ Висновки та рекомендації. Список використаної літератури.

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

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Григор'єв Ю.І., доц. каф. ГС
2	Григор'єв Ю.І., доц. каф. ГС
3	Григор'єв Ю.І., доц. каф. ГС

7. Дата видачі завдання 31.05.2024

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ МІЦНИХ СКЕЛЬНИХ ПОРІД	01.01 – 12.01.25
2	Розділ 2. ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ ПРАТ «ІНГЗК» ПО ПІДВИЩЕННЮ СТІЙКОСТІ БУРОВИХ ДОЛІТ	13.01 – 30.01.25
3	Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ЗБІЛЬШЕННЯ ХОДИМОСТІ ДОЛІТ У СВІТІ	31.01.25 – 06.02.25
4	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.02.25
5	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	09.02.25
6	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.02.25

Здобувач

Неісало Сергій Григорович

Керівник роботи

Григор'єв Юліан Ігорович

## АНОТАЦІЯ

*Неісало Сергій Григорович.*

Шляхи підвищення ефективності бурових робіт на кар'єрі ПрАТ «Інгулецький ГЗК.

Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво, ОПП «Технології відкритої розробки родовищ» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

**Об'єктом дослідження** процес буріння міцних скельних порід при відкритій розробці родовищ корисних копалин.

**Предметом дослідження** є взаємозалежності параметрів стійкості зносу шарошkových доліт та бурового інструменту.

**Мета роботи** полягає аналізі сучасних практик по збільшенню ходимості бурового інструменту, використання бурових добавок та інших технологій, що збільшують ресурси бурового інструмента.

У відповідності до мети дослідження сформульовано основні завдання дослідження:

- Виконати аналіз сучасних світових практик по збільшенню ходимості шарошkových доліт та бурової оснастки, розрахувати економічний ефект та можливість використання новітніх технологій в умовах наших кар'єрів.
- Дослідити фактори що призводять до зносу бурового інструменту та проаналізувати можливість зменшення впливу цих факторів
- Аналіз факторів, які мають вплив на характеристики бурового інструменту, та чинників що дозволяють їх поліпшити.
- Розробка рекомендацій щодо покращення ефективності буріння та збільшення ресурсу бурового інструменту.

У першому розділі проаналізовано стан питання та вплив показників ефективності бурових робіт на подальші переділи гірничого

виробництва.

Наведено аналіз наукових та технологічних літературних джерел, зроблені відповідні висновки.

**Другий розділ** складається з аналізу сучасного стану виконання бурових робіт на кар'єрі ПРАТ «ІНГЗК» та розрахунку основних параметрів БВР, визначаються основні важелі впливу на процес та буровий інструмент.

**Третій розділ** присвячений вивченню наукових джерел, приуроченим дослідженням технологічних факторів, які впливають на ефективність бурових робіт. Опрацьовані наукові роботи по технологіям бурових робіт.

**В останньому розділі** розглянуто питання охорони праці та заходи по запобіганню небезпечних ситуацій

### **Основні результати магістерської роботи**

1. Аналіз факторів, що впливають на ходимість бурового обладнання та інструменту: Виявлено основні причини передчасного зношування та виходу з ладу.

2. Розробка методів підвищення ходимості:

1) Запропоновано нові бурові добавки та технології для збільшення зносостійкості.

2) Змодельовано оптимальні режими роботи та технічного обслуговування.

### **Практичне значення результатів**

1) Збільшення терміну служби бурового обладнання – зниження витрат на заміну та ремонт бурового інструмента.

2) Підвищення ефективності бурових робіт – скорочення простоїв через несправності.

3) Оптимізація витрат на матеріали – використання нових бурових добавок, що збільшують ходимість долота.

Ці результати можуть бути впроваджені в компаніях холдінгу для

підвищення продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

Обсяг роботи: 63 сторінки.

Кількість ілюстрацій: 18.

Кількість таблиць: 10.

Кількість джерел у списку літератури: 30.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГІРСЬКІ ПОРОДИ, БУРОВІ РОБОТИ, ШАРОШКОВЕ ДОЛОТО, БУРОВА ДОБАВКА, БУРОВИЙ ІНСТРУМЕНТ, ВИБУХ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ МІЦНИХ СКЕЛЬНИХ ПОРІД	11
1.1. Вивчення фізичних основ процесу буріння міцних скельних порід шарошковими долотами	11
1.2. Поняття та основні принципи ведення бурових робіт у кар'єрах	14
1.3. Роль та вплив бурових добавок на якість ведення бурових робіт та ходимість бурового інструменту.	19
РОЗДІЛ 2. ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ ПРАТ «ІНГЗК» ПО ПІДВИЩЕННЮ СТІЙКОСТІ БУРОВИХ ДОЛІТ	28
2.1. Дослідження поточного стану ведення бурових робіт на підприємствах гірничого комплексу	28
2.2. Аналіз поточного стану виконання комплексу бурових робіт Інгuleцького гірничо-збагачувального комбінату.	29
2.3. Визначення основних проблем та недоліків бурових робіт в умовах кар'єру ПРАТ «ІНГЗК».	32
2.4 Напрямки удосконалення бурових робіт	34
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ЗБІЛЬШЕННЯ ХОДИМОСТІ ДОЛІТ У СВІТІ	36
Охорона праці	54
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	60

## ВСТУП

Буріння є фундаментальним процесом у відкритих гірничих роботах, від якого залежить ефективність видобутку корисних копалин. Шаршкові долота, як основний інструмент для руйнування гірських порід, відіграють ключову роль у цьому процесі. Їх стійкість та довговічність безпосередньо впливають на продуктивність бурових робіт та економічні показники гірничих підприємств.

Стійкість шаршкових доліт визначається низкою факторів, серед яких конструктивні особливості інструменту, якість матеріалів, режимні параметри буріння та геологічні умови. Зокрема, осьове навантаження, частота обертання долота та ефективність очищення вибою від шламу суттєво впливають на швидкість буріння та знос інструменту. Оптимізація цих параметрів дозволяє підвищити ефективність процесу та знизити витрати на заміну інструменту. Важливим аспектом є адаптація конструкції доліт до конкретних гірничо-геологічних умов. Використання сучасних матеріалів та технологій обробки сприяє підвищенню зносостійкості та довговічності інструменту. Крім того, впровадження новітніх технологій, таких як системи моніторингу стану долота в реальному часі, дозволяє оперативно виявляти та усувати проблеми, що виникають під час буріння.

Аналіз сучасних досліджень свідчить про необхідність комплексного підходу до вирішення проблеми підвищення стійкості шаршкових доліт. Це включає вдосконалення конструкції інструменту, оптимізацію режимів буріння, використання нових матеріалів та технологій, а також врахування специфіки гірничо-геологічних умов кожного родовища.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення стійкості шаршкових доліт у відкритих гірничих роботах, мають важливе значення для забезпечення ефективності та економічності видобутку

корисних копалин. Впровадження результатів таких досліджень у практику дозволить знизити експлуатаційні витрати, підвищити продуктивність бурових робіт та забезпечити стійкий розвиток гірничодобувної галузі.

**Мета роботи** – визначення основних проблем та недоліків існуючої системи буріння бурових свердловин та пошук шляхів підвищення ходимості бурового інструмента.

**Завдання роботи:**

- аналіз існуючих підходів до вибору типорозміру шарошkových доліт;
- проаналізувати та оцінити сучасний стан використання бурового інструменту у світі та на ПРАТ «ІНГЗК»;
- визначити напрямки та шляхи покращення використання та модернізації бурового інструменту;

**Об'єктом дослідження є** процес буріння міцних скельних порід при відкритій розробці родовищ корисних копалин

**Предметом дослідження є** взаємозалежності параметрів стійкості зносу шарошkových доліт та бурового інструменту.

У роботі розглянуто декілька можливих варіантів збільшення ходимості шарошkových доліт.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ МІЦНИХ СКЕЛЬНИХ ПОРІД**

### **1.1. Вивчення фізичних основ процесу буріння міцних скельних порід шарошковими долотами**

Процес буріння міцних скельних порід є складним фізичним явищем, де режимні параметри визначають не лише швидкість проходження бурового інструмента, а й впливають на ступінь руйнування порід. До ключових режимних параметрів належать частота обертання долота, швидкість подачі, величина прикладеного навантаження та інтервали перерв для охолодження інструмента.

Частота обертання долота безпосередньо впливає на енерговитрати при руйнуванні порід. Висока частота сприяє швидшому накопиченню теплової енергії, що може призводити до термічного зносу матеріалу долота, а недостатня – до неефективного розщеплення порід. Швидкість подачі визначає інтенсивність контакту інструмента з порід, змінюючи характер виникнення мікротріщин та розколів у матеріалі. Оптимізація величини прикладеного навантаження дозволяє мінімізувати негативні впливи надмірного стиску порід, що в свою чергу сприяє більш рівномірному розподілу зусиль на контактній поверхні долота. Сучасні дослідження вказують на необхідність інтегрованого підходу до регулювання цих параметрів з метою досягнення максимальної продуктивності при мінімізації зношування доліт [1, 2].

Геометричні параметри шарошкових доліт, такі як форма, розмір, кут нахилу робочих елементів та їх розташування, відіграють вирішальну роль у визначенні механізмів взаємодії інструмента з порідною масою. Сучасні долота характеризуються комплексною конструкцією, що дозволяє ефективно комбінувати різні режими руйнування – від ударного до абразивного.

Оптимізація форми робочих елементів дозволяє досягти більш рівномірного розподілу навантаження на поверхню контакту, що знижує локальні напруження та запобігає передчасному зношуванню інструмента. Кут нахилу робочих елементів визначає траєкторію розколу порід, впливаючи на їх фракційність та швидкість видалення від уламків. Вибір оптимальних геометричних параметрів здійснюється з урахуванням характеристик буреної породи – її мікроструктури, твердості та еластичних властивостей. Результати теоретичних досліджень та чисельних розрахунків дозволяють формувати рекомендації щодо параметрів конструкції доліт для різних типів порід, що сприяє збільшенню терміну їх служби та зниженню експлуатаційних витрат [3].

Процеси зносу шарошкових доліт під час буріння міцних скельних порід мають комплексний характер та залежать від багатьох факторів. Основними механізмами зносу є абразивний, ударний та термічний. Абразивний знос виникає у зв'язку з тертям робочих елементів долота об нерівну поверхню порід, що містить тверді включення. Цей тип зносу є найбільш розповсюдженим при бурінні високотвердої породи, оскільки інструмент піддається постійному впливу зернистих частинок.

Ударний знос обумовлений енергією ударних навантажень, що виникають при контакті долота з породою в умовах високої ударної активності. Часті удари спричиняють виникнення мікротріщин у матеріалі інструмента, що згодом може призвести до його раптового руйнування. Термічний знос, у свою чергу, пов'язаний з підвищенням температури в зоні контакту через інтенсивне тертя та вплив високих частот обертання. Накопичення тепла може змінювати мікроструктуру матеріалу долота, знижуючи його твердість та зносостійкість.

Інтегральний аналіз механізмів зносу дозволяє сформувати комплекс заходів з оптимізації режимів буріння та конструкції доліт. До таких заходів відноситься контроль режимних параметрів, застосування спеціальних покриттів, що підвищують абразивну стійкість, а також

використання композитних матеріалів з покращеними термічними характеристиками. Сучасні дослідження демонструють, що системний підхід до аналізу зносу доліт сприяє підвищенню ефективності бурових робіт і забезпечує економічне обґрунтування впровадження інноваційних технологій [4, 5].

Проведений теоретичний аналіз дозволяє зробити висновок, що фізичні основи процесу буріння міцних скельних порід шарошковими долотами є надзвичайно складними і взаємопов'язаними. Вплив режимних параметрів буріння, оптимізація геометричних характеристик доліт та детальний аналіз механізмів їх зносу становлять основу для розробки рекомендацій щодо підвищення ефективності бурових робіт. Систематизація отриманих даних та інтеграція сучасних технологій дозволяє не лише продовжити термін експлуатації доліт, а й оптимізувати витрати на обслуговування бурового обладнання, що є критично важливим для економічної ефективності гірничодобувної галузі.

Дослідження в даній сфері мають перспективи для подальших експериментальних робіт, спрямованих на розробку нових конструктивних рішень, які дозволять значно підвищити зносостійкість інструментів при бурінні найскладніших порід. Подальший аналіз і вдосконалення режимних параметрів у поєднанні з інноваційними матеріалами є запорукою успішного впровадження сучасних технологій у відкриті гірничі роботи.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє глибше усвідомити вплив режимних параметрів, геометричних характеристик та механізмів зносу шарошкових доліт на ефективність процесу буріння міцних скельних порід, що має важливе значення для сучасної гірничої науки та практики.

## 1.2. Поняття та основні принципи бурових робіт.

Процес бурових робіт в кар'єрі є складовою частиною технології відкритого способу видобутку корисних копалин і включає кілька етапів, які забезпечують ефективне і безпечне буріння свердловин для подальшого підривання гірничої маси. Ось основні етапи цього процесу:

### 1. Підготовка до буріння

Перш ніж розпочати бурові роботи, проводиться підготовка бурових майданчиків. Це включає:

- Визначення місць для буріння: На основі проектних рішень і геологічних даних вибираються ділянки для розміщення бурових свердловин. Це зазвичай робиться з урахуванням типу порід, їх фізико-механічних властивостей та технології підривання.

- Розмітка бурових точок: На робочих майданчиках визначають місця для буріння свердловин, в залежності від того, який тип підриву планується (наприклад, для контурного підривання або для подрібнення порід).

### 2. Буріння свердловин

Буріння здійснюється спеціалізованими буровими установками, які можуть бути як вертикальними, так і похилими, в залежності від проектних умов. Використовуються такі бурові верстати, як:

Шарошечні бурові верстати (наприклад, СБШ-250-МН-32, СБШ-250/160-55, УСБШ-250А та інші моделі).

Долота різних діаметрів (від 165 мм до 270 мм) використовуються в залежності від характеру гірських порід.

Типи свердловин: Свердловини можуть бути вертикальними (класичними для більшості кар'єрів) або похилими, що дозволяє здійснювати буріння в різних умовах і на різних горизонтах кар'єра.

Буріння може виконуватись за допомогою різних типів доліт, залежно від характеру порід:

Для м'яких і середньо міцних порід — використовуються долота меншого діаметра (165 мм, 215 мм).

Для більш міцних і скельних порід — долота великого діаметра (240 мм, 250 мм, 270 мм).

### 3. Підготовка свердловин до підривання

Після завершення буріння кожна свердловина готується до підриву:

Укладання вибухових речовин: В залежності від типу підриву, в свердловину закладається певна кількість вибухових речовин, таких як безтритилова емульсійна вибухова речовина «Емоніт-Н». Вибухова речовина повинна бути рівномірно розподілена по всій довжині свердловини.

На рисунках знизу наведено основний паспорт ведення бурових робіт на кар'єрі ПРАТ «ІНГЗК». [1, 2].

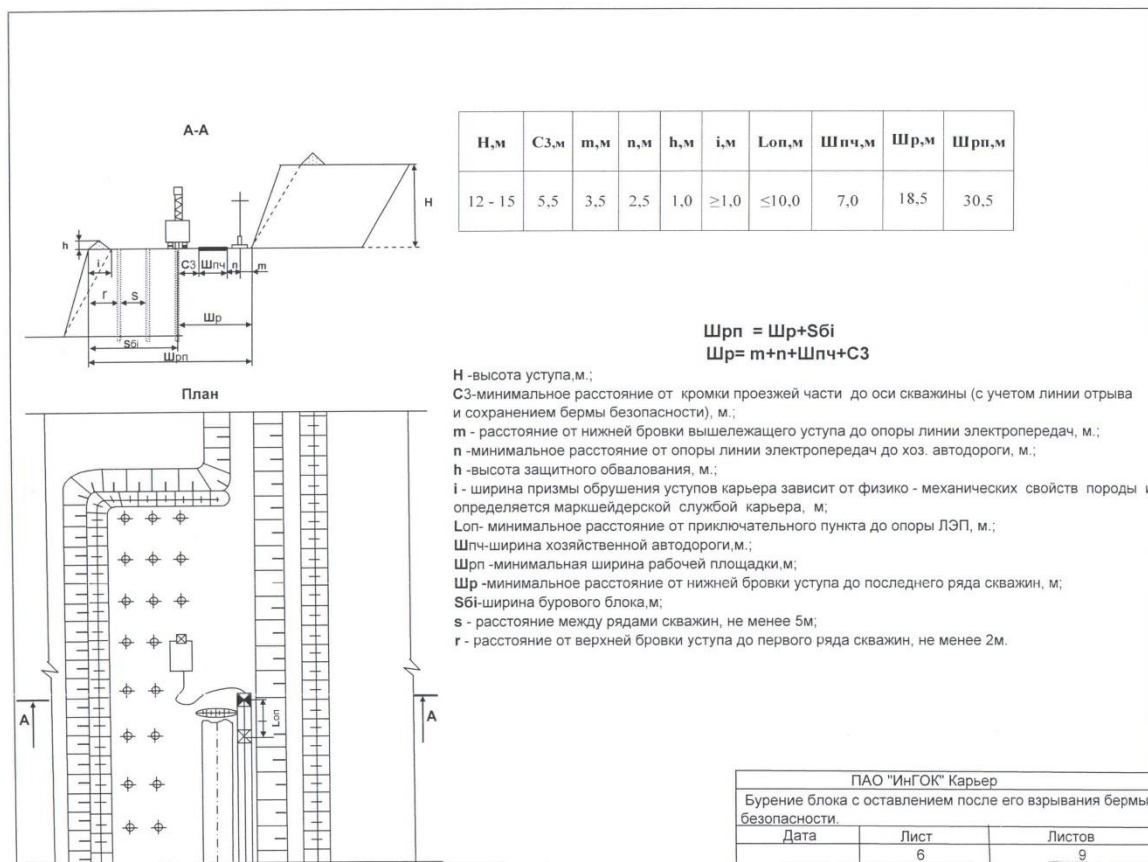


Рис.1.1 Паспорт буріння блоку з залишенням берми безпеки

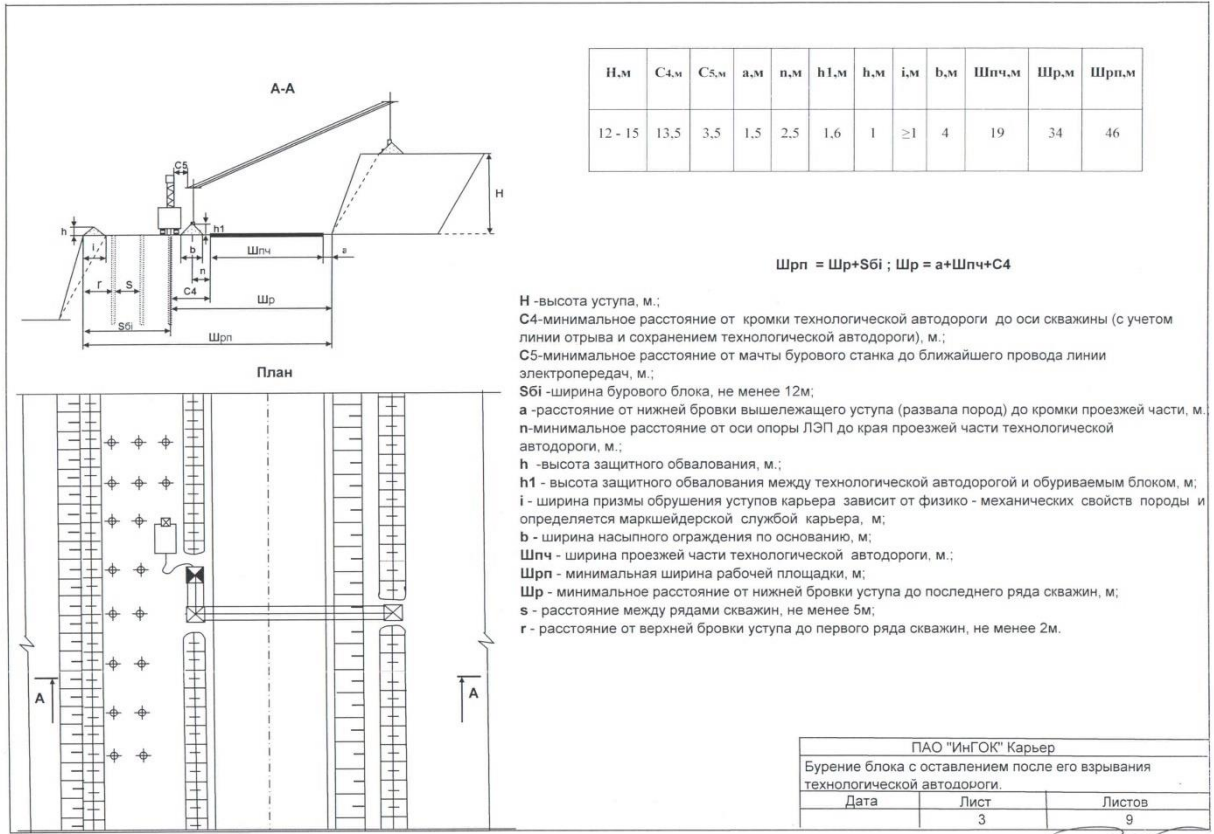


Рис.1.2 Паспорт буріння блоку з залишенням після вибуху технологічної автодороги

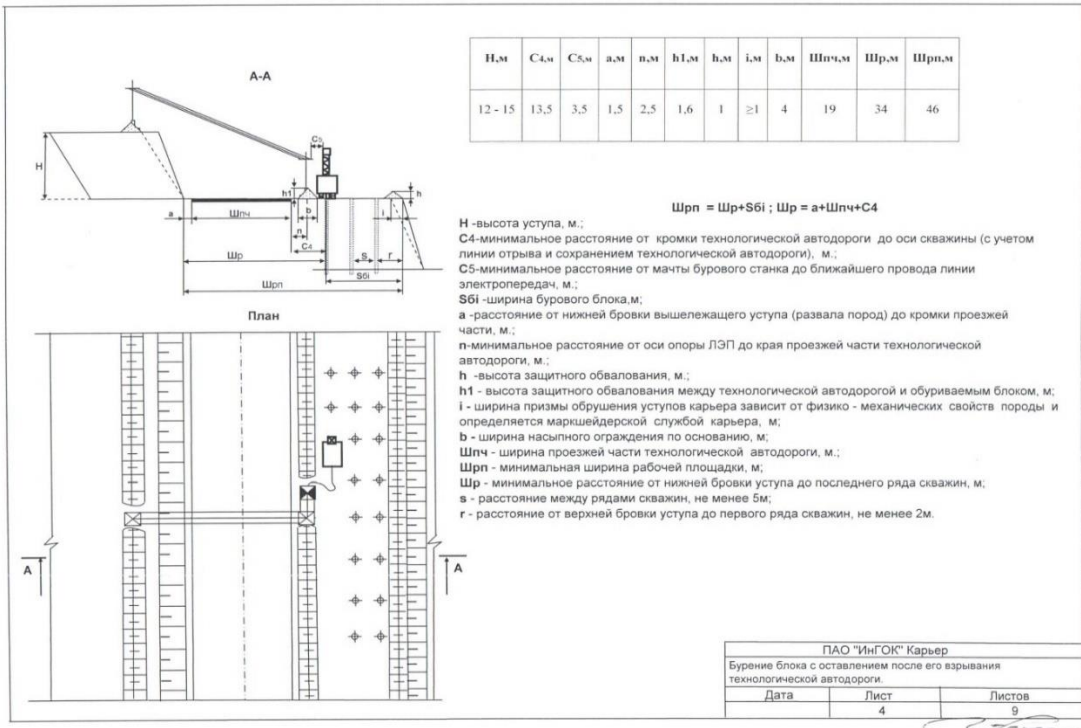


Рис.1.3 Буріння блоку з залишенням після підірвання технологічної автодороги

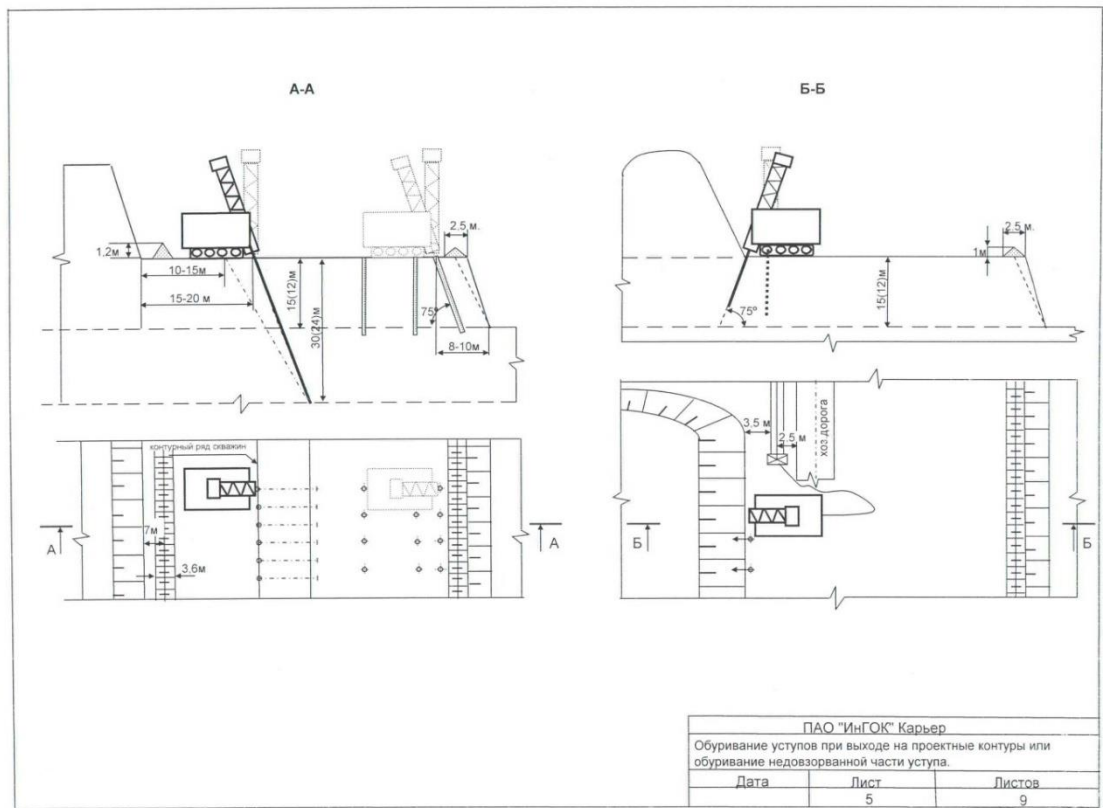


Рис.1.4 Паспорт ведения БВР при постановці на проектний контур або обурюванні недопідірваної частини уступа

Для ефективного буріння гірських порід необхідно забезпечити оптимальне поєднання багатьох факторів, одним з яких є динамічне навантаження або енергія удару, створювана на різучі елементи долота.

Експериментально встановлена залежність глибини заглиблення зубка від ударного навантаження створюваного нею. На рисунках наведено цю закономірність у вигляді ломаної кривої під якою можна виділити чотири основні зони руйнування гірської породи. Для ілюстрації зон руйнування гірських порід на малюнку наведені схеми руйнування гірської породи в процесі заглиблення одного зубка.

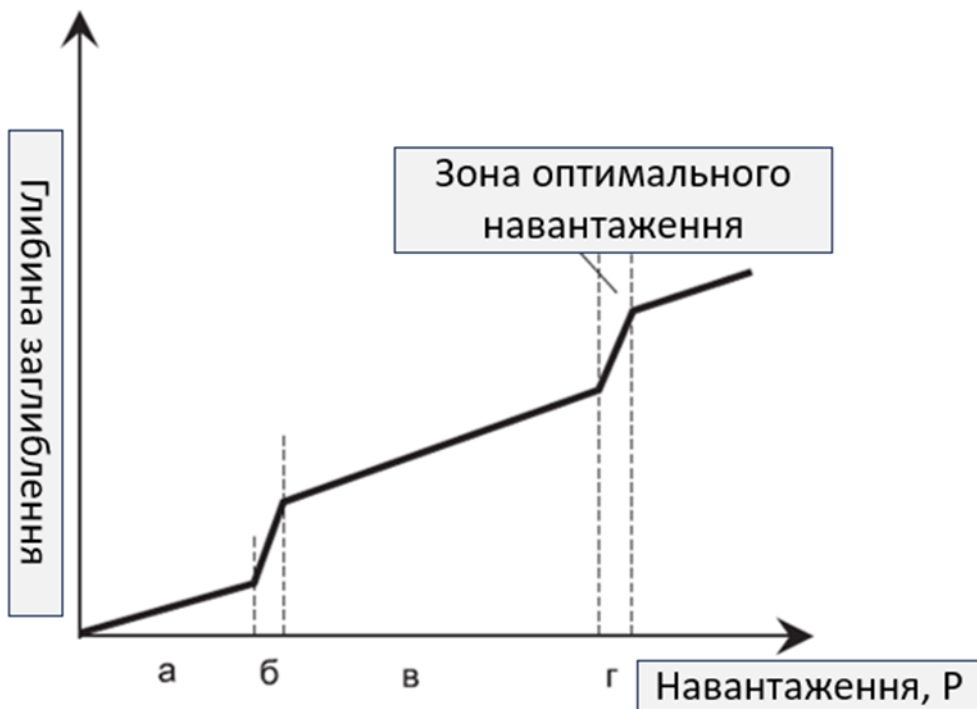


Рис.1.5 Визначення зони оптимального навантаження бурового інструменту

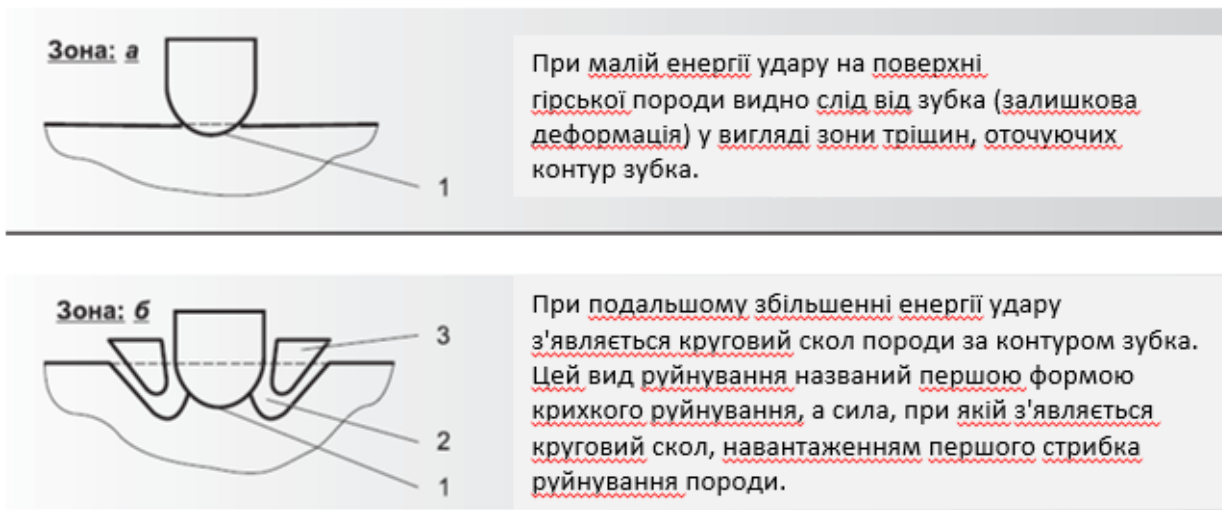


Рис.1.6. Зони а(При малій енергії удару) та зона б(З подальшим збільшенням енергії удару бурового снаряду)

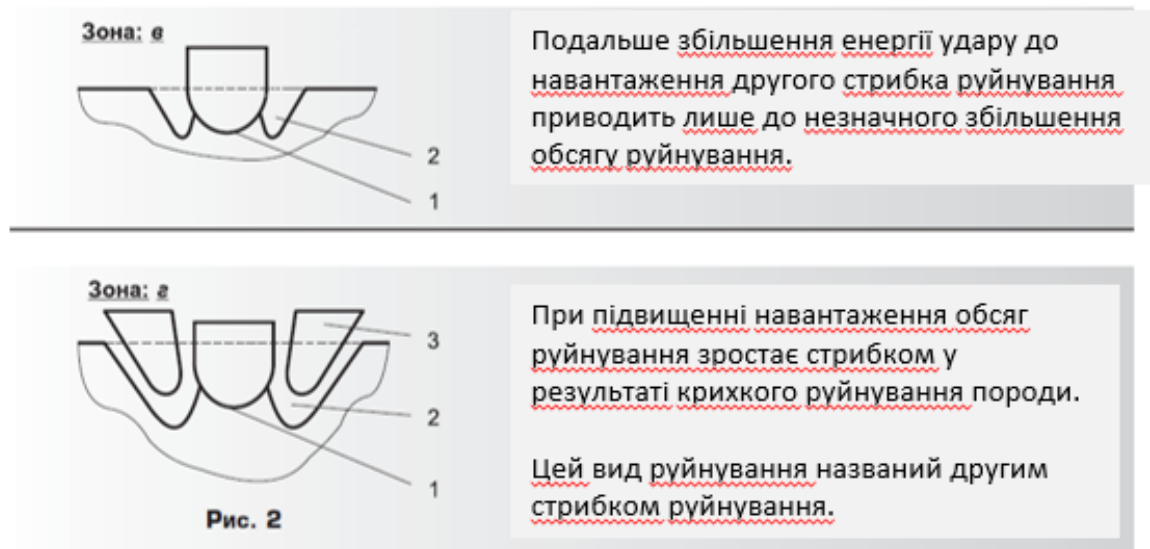


Рис.1.7. Зона В та Г з подальшим збільшенням енергії удару до другого стрибку руйнування

### 1.3. Роль та вплив бурових добавок на якість ведення бурових робіт та ходимість бурового інструменту.

Бурові розчини з покращеними мастильними властивостями забезпечують зниження ступеню зносу бурового обладнання, попереджують прихвати бурового інструменту, збільшують механічну швидкість буріння та ходимість долота.

Предметом наших досліджень є пошук шляхів покращення властивостей бурових розчинів та зниження собівартості буріння за рахунок їх використання.

Як з практичної, так і з наукової точки зору найбільш важливим є проведення порівняння вітчизняних та зарубіжних мастильних бурових добавок по триботехнічним властивостям.

Триботехнічні властивості визначають можливість бурового розчину знижувати тертя між контактуючими поверхнями. Покращення даних розчинів досягається, як правило додаванням спеціальних мастильних добавок.

Забезпечення цілісності стінок свердловини є важливою умовою стабільного процесу буріння. Обвалення стінок відбувається під впливом

гірського тиску. Змочування пухких гірських порід під час буріння зі супутнім промиванням значно знижує їхню міцність і стійкість. Чим ширше поширюється зона змочування, тим інтенсивніше руйнуються стінки свердловини. Цей процес посилюється через розмивну дію промивальної рідини та наявність у ній речовин, що сприяють руйнуванню порід.

Для запобігання небажаним змінам у властивостях гірських порід застосовують спеціальні рецептури промивальних рідин. До їхнього складу вводять компоненти, які надають рідині зміцнювальні властивості. Деякі промивальні рідини містять тверду фазу, що, відкладаючись у порах і тріщинах під час фільтрації, утворює малопроникну кірку. Ця кірка має механічну міцність, зв'язує слабосцементовані частинки порід і сповільнює або повністю зупиняє подальше поширення змоченої зони навколо свердловини.

Гідростатичний тиск промивальної рідини сприяє збереженню стійкості стінок свердловини. Проте його збільшення підвищує інтенсивність проникнення рідини в породи, що може сповільнювати механічну швидкість буріння. У таких умовах ізолююча та зміцнювальна роль фільтраційної кірки стає ще більш важливою.

Найбільші значення гідростатичний тиск промивальної рідини досягає під час буріння тріщинуватих порід, а також мінералів, що поступово видавлюються в свердловину під впливом гірського тиску (наприклад, солі, галіт, карналіт тощо). Забезпечення достатньо високого гідростатичного тиску дозволяє зберегти стійкість стінок свердловини за таких умов.

### **Класифікація та сировина для бурових розчинів**

Рідини для виконання бурових робіт поділяються на такі види:

- **Водні суміші** (технічна вода, природні бурові розчини, глинисті розчини на основі прісної та мінералізованої води, розчини гіпсу,

глини та хлору, а також безглинисті розчини, зокрема полімерні засоби).

- **Неводні рідини** (вуглеводневі, суміші нафтопродуктів і невеликої кількості газу).
- **Аеровані агенти** (піни).
- **Газоподібні реагенти**.

**Технічна вода** є найбільш доступним і економічним варіантом промивання. Вона має низьку в'язкість, легку прокачку, добре видаляє шлам і забезпечує краще охолодження долота порівняно з іншими засобами. Однак її недоліки включають слабке утримання вибурених частинок (особливо при зупинці обертання), відсутність міцної плівки на стінках свердловини, поглинання слабонапірними пластами, набухання глинистих порід, що знижує проникність нафто- і газоносних каналів.

**Природні бурові розчини (БР)** – це водні суспензії, що утворюються у свердловині внаслідок подрібнення осаду гірських порід при бурінні на воді. Їх основна перевага – значне зменшення потреби у привізних матеріалах, що знижує витрати на створення й обробку робочих рідин. Водночас їхні характеристики залежать від мінералогії та властивостей глин, режиму буріння і типу бурового інструменту. Також у таких розчинах часто міститься велика кількість абразивних частинок. Тому природні розчини найкраще підходять для випадків, коли геостратиграфічні умови не вимагають використання високоякісних промивних рідин.

**Глинисті розчини** є найпопулярнішими. Вони виготовляються з трьох основних типів глиномінералів: бентонітових, каолінових і гідрослюдицистих. Глинисті розчини утворюють ущільнений шар на стінках свердловини, що перешкоджає проникненню фільтрату в породу. Їхня щільність і в'язкість дозволяють утримувати шлам навіть у стані спокою, запобігаючи його осіданню на вибій під час промивання. Утяжелений глинистий розчин створює протитиск на пласт, що перешкоджає прориву

пластових вод, нафти і газу у свердловину, а також запобігає виникненню фонтанування. Однак цей тип розчинів ускладнює очищення циркуляційної системи.

Окрім звичайних водо-глинистих розчинів, застосовують:

- **Малоглинисті розчини** (ефективні при бурінні верхніх вивітрених і тріщинуватих порід).
- **Розчини, насичені солями** (застосовуються для буріння міцних соленосних порід).
- **Інгібовані розчини** (оброблені хімічними реагентами для запобігання набуханню порід та перенасиченню розчину твердою фазою).

**Неглинисті бурові розчини** виготовляють без використання глини. Основу складають водні рідини з ущільненою твердою фазою, дисперсність якої досягається хімічним шляхом. Консистенція таких розчинів нагадує гель, а хімічна обробка робить їх стійкими до седиментації. Вони зберігають свої структурно-механічні властивості незалежно від мінералізації, що дозволяє використовувати їх для зміцнення стінок свердловин. Проте контроль мінералізації таких розчинів є складним.

До неглинистих БР належать **біополімерні розчини** – композиції на основі полісахаридів, які утворюються під дією бактерій. Їхні характеристики можна регулювати так само легко, як і глинисті розчини на основі бентонітів. Проте деякі бактерії можуть спричиняти флокуляцію шламу, ускладнюючи формування суспензій. Також варто враховувати термостійкість біополімерів і їхню порівняно високу вартість, що обмежує їхнє застосування.

**Вуглеводневі бурові розчини** – це складні системи, де несучою фазою є нафта або рідкі нафтопродукти (наприклад, дизельне паливо), а дисперсною фазою – модифікований бітум, асфальт або спеціально оброблена глина. Вони не погіршують колекторські властивості порід,

мають мастильні властивості, зменшують витрати потужності на обертання бурильного інструменту і знижують зношування бурової установки. Основні недоліки: висока вартість, пожежонебезпечність, складність видалення з обладнання. З урахуванням цих факторів такі розчини застосовуються для підвищення ефективності буріння в колекторах, збереження продуктивності нафтових і газових пластів та роботи в складних геологічних умовах.

**Емульсійні розчини** (зворотні або інверсні емульсії) мають гарні мастильні властивості та запобігають злипанню бурильного інструменту зі стінками свердловини. У них дисперсною середою виступає водонафтова емульсія, а фазою – глина. Співвідношення: 60-70% нафти або нафтопродуктів, решта – вода. При необхідності об'єм води можна збільшити до 80% і більше за допомогою спеціальних емульгаторів. Такі розчини доцільно використовувати при бурінні глинистих і соленосних порід.

**Газоподібні агенти** застосовуються для продувки свердловини стисненим повітрям, природним газом або вихлопними газами двигунів внутрішнього згорання. Вони ефективно очищають вибій, піднімають шлам і охолоджують долото. Основна перевага – економічність: механічна швидкість буріння зростає в 10-12 разів!

**Аеровані розчини** – це суміш рідких промивних рідин (води, нафтових емульсій) і повітряних бульбашок у співвідношенні до 30:1. Для їхньої стабілізації використовують ПАР та піноутворювачі. Властивості аерованих БР залежать від рідких компонентів, на основі яких вони виготовлені. Їх використовують у складних умовах: при високому поглинанні розчину або низькому пластовому тиску.

Промивальна рідина сприяє руйнуванню гірських порід на вибої свердловини. Основний вплив забезпечується двома факторами: розмивною дією та зниженням міцності твердих порід. Ефективність цього процесу зростає, коли зменшується площа перерізу і скорочується

відстань до вихідних каналів рідини на вибій. Особливо цей ефект помітний у пухких гірських породах.

При бурінні твердих порід промивальна рідина також знижує їхню міцність, хоча механізм цього явища має іншу природу. Як довели дослідження П. О. Ребіндера та його учнів, рідина, що контактує з твердим тілом у процесі його деформації та руйнування, може прискорювати ці процеси. Це пояснюється проникненням рідини в мікротріщини деформованої породи та адсорбцією на їхній поверхні певних речовин. Це явище отримало назву ефекту Ребіндера.

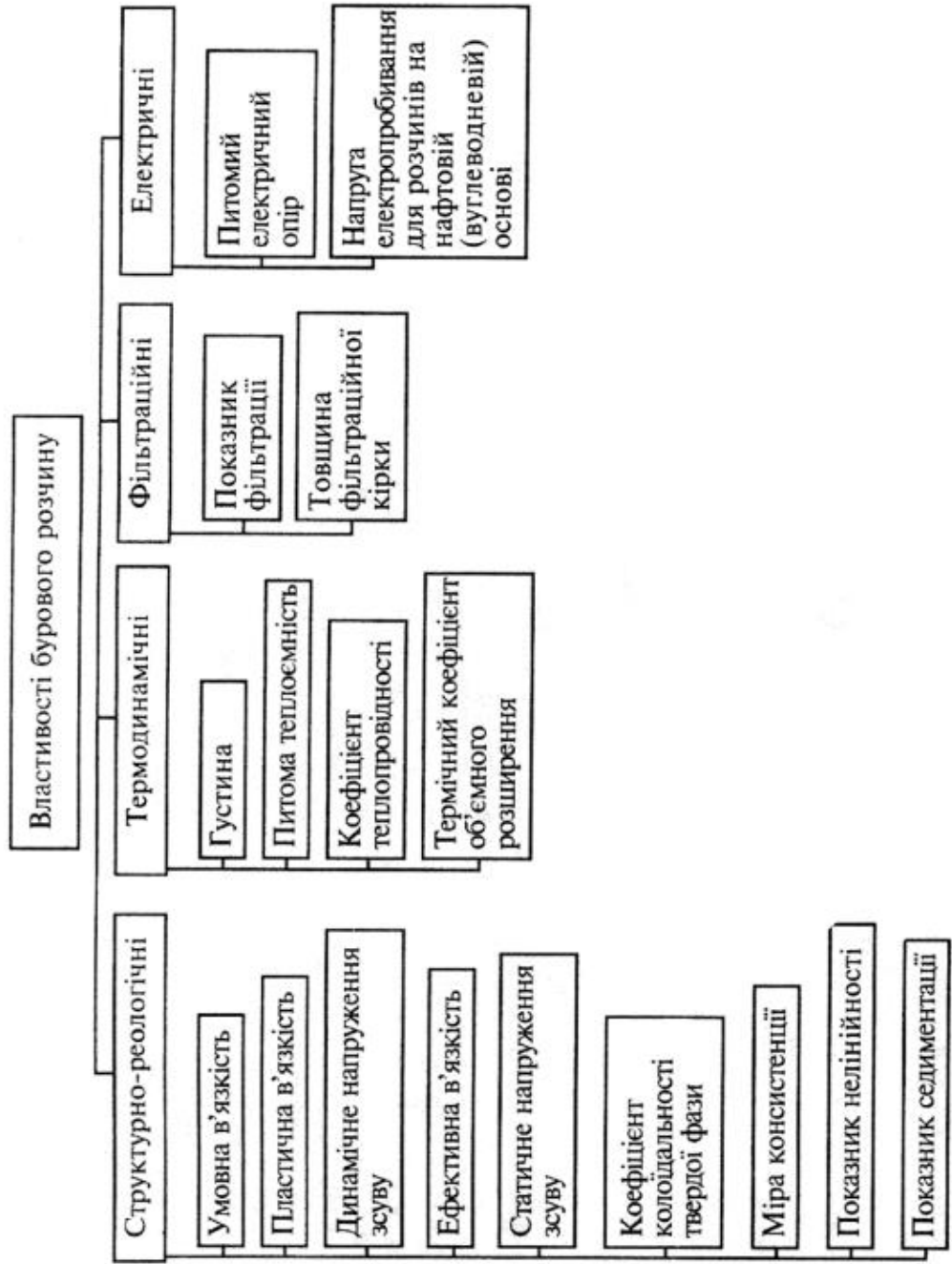


Рис. 1.8. Властивості бурових розчинів.

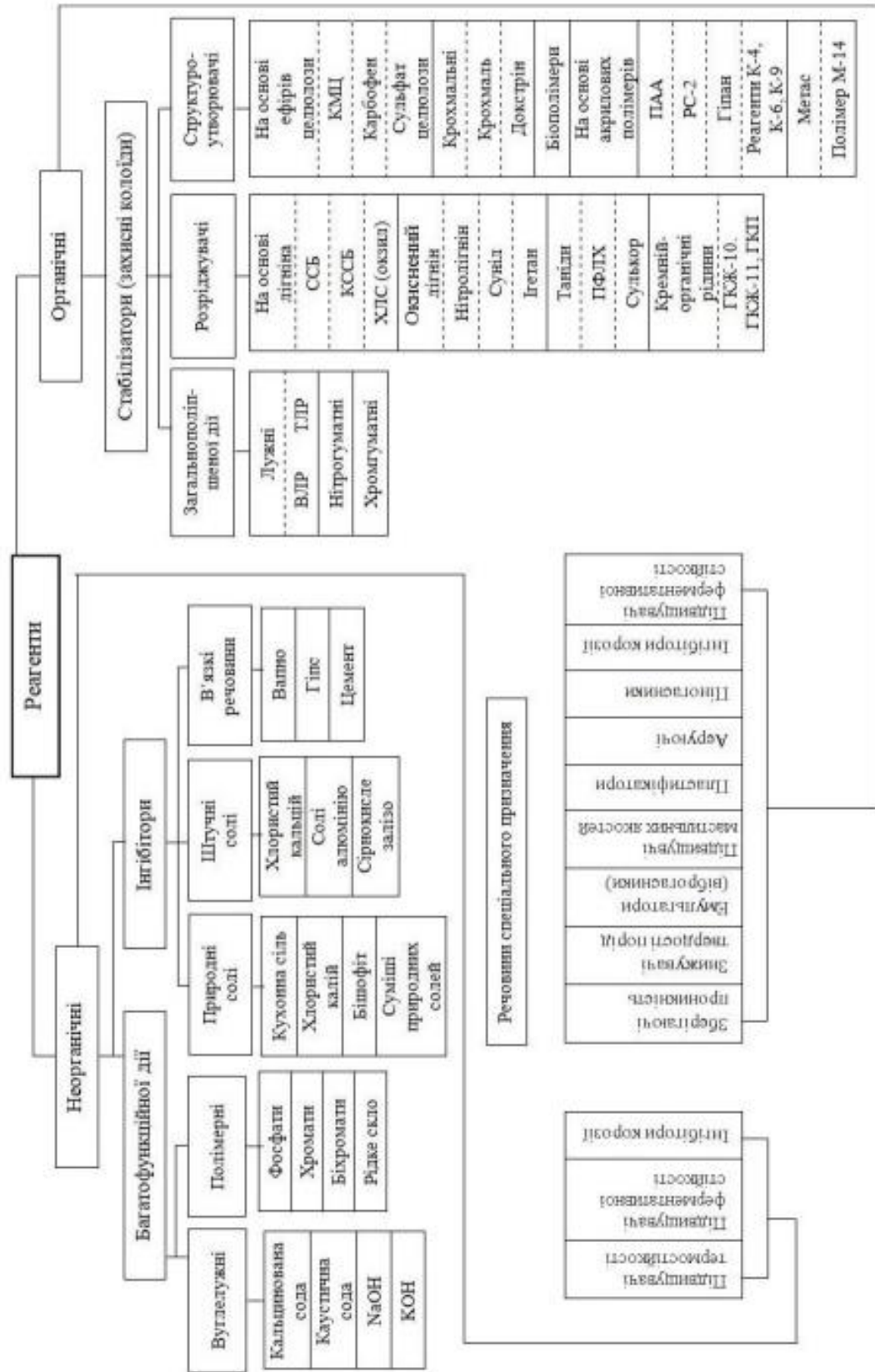


Рис. 1.9. Класифікація бурових реагентів.



## РОЗДІЛ 2. ВИВЧЕННЯ ДОСВІДУ ПРАТ «ІНГЗК» ПО ПІДВИЩЕННЮ СТІЙКОСТІ БУРОВИХ ДОЛІТ

### 2.1. Дослідження поточного стану ведення бурових робіт на підприємствах гірничого комплексу.

Бурові роботи у кар'єрі ПРАТ «ІНГЗК» виконуються шарошковими долотами діаметром 244,5 та 270 мм. При аналізі їх використання у період 2023-2024 років були задіяні наступні виробники, по яким були отримані наступні результати по видам верстатів:

**Стійкість доліт в різних породах (приведена до 17-ї категорії), м.п.**

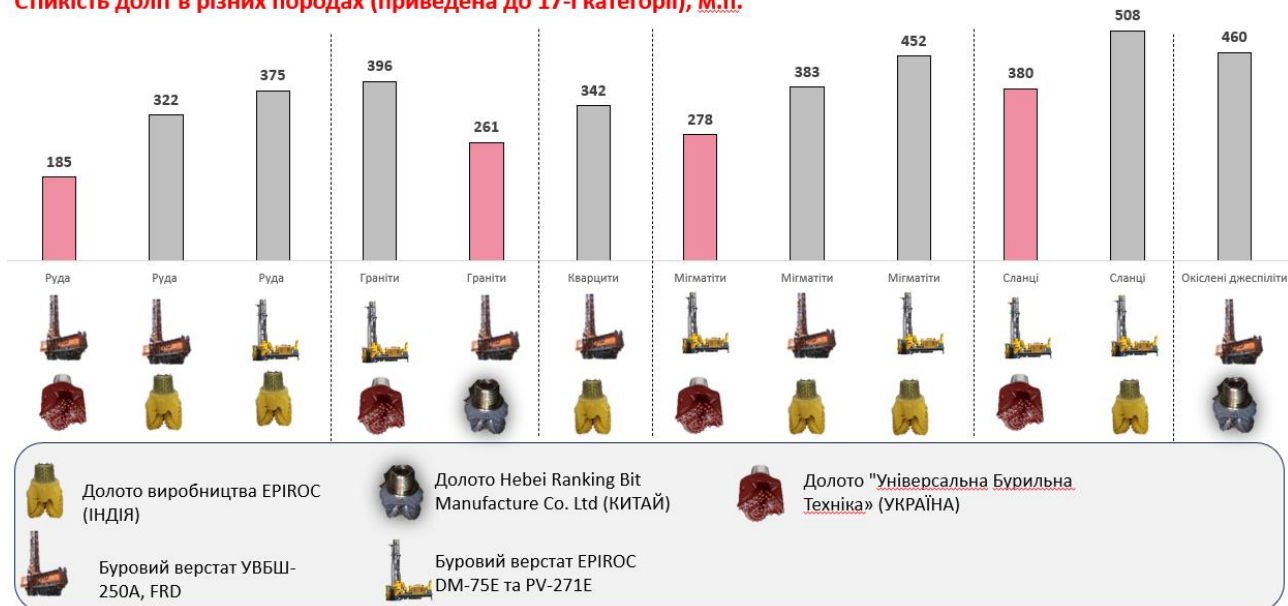


Рис. 2.1 Стійкість доліт різних виробників, що приведено до 17 категорії буримості.

**Швидкість буріння в різних породах м.п./год.**

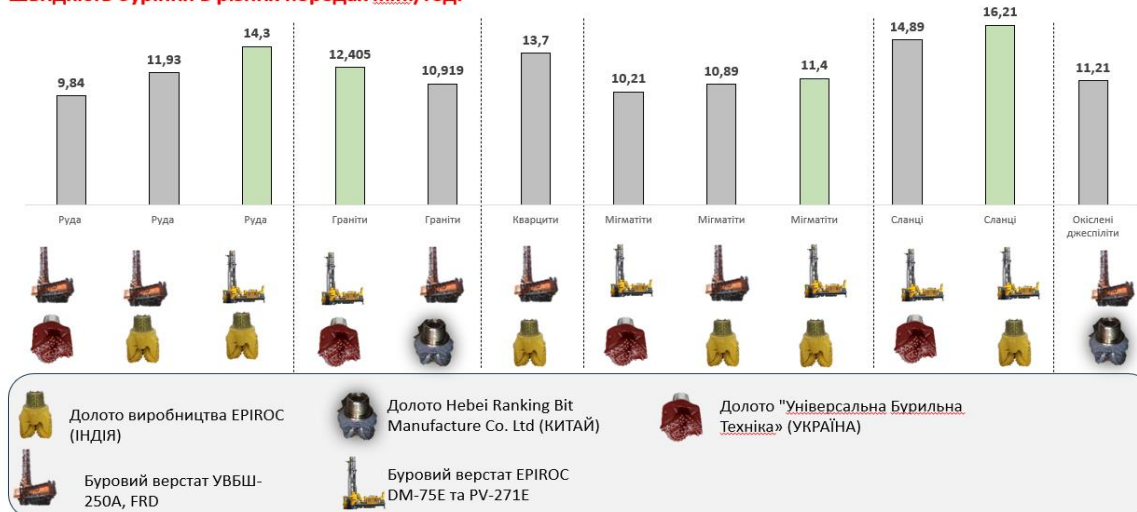


Рис. 2.2 Швидкість доліт різних виробників, що приведено до 17 категорій буримості.

І основний критерій – це вартість 1 погонного метру буріння.

**Вартість буріння долотом, грн./м.п.**

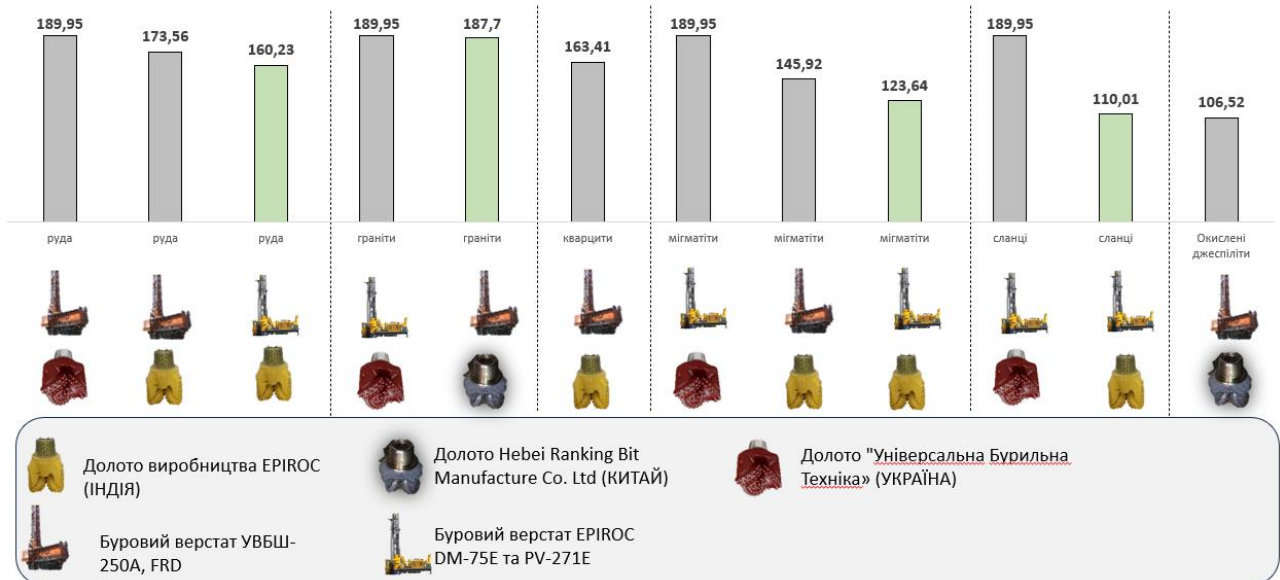


Рис. 2.3 Вартість буріння долотами різних виробників, що приведено до 17 категорії буримості.

## 2.2. Аналіз поточного стану виконання комплексу бурових робіт Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату

Для підвищення ходимості шарошкових доліт виробника «Епірок» був проведений експеримент з використанням бурових добавок Matex Torqueless.

Результати експерименту наведено нижче.

**Результати відпрацювання.**

№ п/п	№ долота	Швидкість буріння, м.п./год	Швидкість буріння, приведена до 17 категорії, м.п./год	Пробурено загалом, м.п.	Пробурено загалом, приведено до 17 категорії, м.п.	№ блока	гор.	вид г/м	Хімія	Вартість долота, грн	Витрати на додаток MATEX TORGUELESS	Вартість буріння, грн./м.п. приведений до 17-ї кат.
1	3080590	12,48	12,58	743,5	749,44	41	-405	руда	ТАК	55888	9867,4256	87,74
2	3081131	11,15	11,66	253,5	265,21	41, 46	-405	руда	НІ	55888	0	210,73
3	3081132	10,50	10,84	352	363,35	46	-405	руда	ТАК	55888	9867,4256	180,97
4	3080592	10,44	10,44	228,5	228,50	46	-405	руда	НІ	55888	0	244,59
5	3080787	9,21	10,45	306	347,29	46, 51	-405; -345	руда	ТАК	55888	9867,4256	189,34
6	3080525	9,42	11,08	218,5	257,06	51	-345	руда	НІ	55888	0	217,41
7	3080663	9,27	10,91	291	342,35	51	-345	руда	ТАК	55888	9867,4256	192,07
8	3081128	10,34	11,10	297	318,71	54	-345	руда	НІ	55888	0	175,36
9	3080696	11,15	11,80	592	626,82	54	-345	руда	ТАК	55888	9867,4256	104,90
10	3081111	12,72	13,47	280,5	297,00	54	-345	руда	НІ	55888	0	188,18
<b>ЗАГАЛОМ:</b>			<b>11,43</b>	<b>3562,50</b>	<b>3795,74</b>							<b>160,23</b>

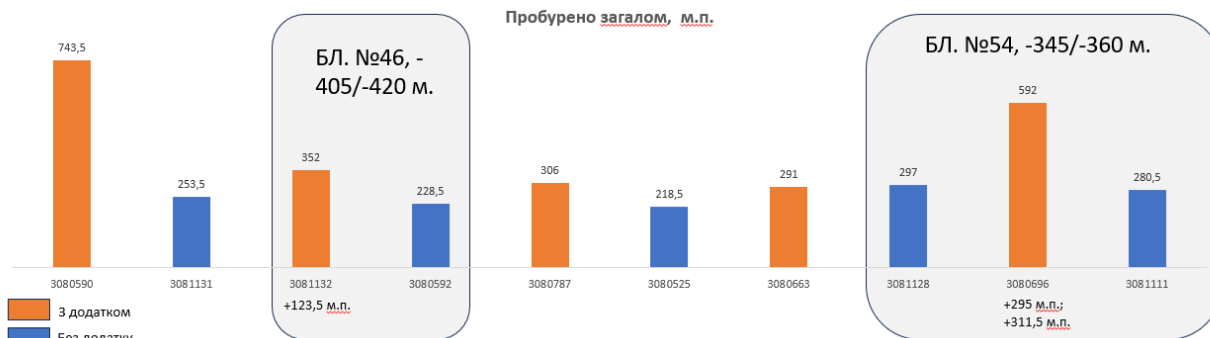


Рис. 2.4 Результати відпрацювання доліт з використанням бурової добавки

**Також відомі такі напрацювання:**

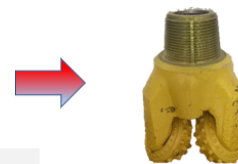
В період з 3.11.23р. по теперішній час проводиться експеримент по бурінню вибухових свердловин верстатом EPIROC DM-75E росп. №32 долотом діаметром 250,8 мм (сопло 16 мм) з використанням **додатку до бурового розчину MATEX TORGUELESS.**

Пристрій для дозування різних бурових добавок використовується для збільшення ресурсу підшипників опори шарошечного долота;  
 Буріння свердловин з водопритоком, зменшення ерозійної дії води на гирлі свердловини;  
 Стабілізації стінок свердловини, покращення виносу шлама;  
 Продовжує термін служби бурових штанг та ключа страгування бурового верстата завдяки зниженню навантаження для розкручування штанг.



При досягненні середнього строку служби +20% у 17 категорії буримості, а саме 480 п.м. і більше, вони будуть оплачені за стандартною ціною згідно з прайс-листом для групи Метінвест. (1734,68 EUR/од).

Шарошечні долота зі строком служби менше або рівним 479 п.м. у 17 категорії буримості будуть оплачені зі знижкою ≈ 20%. 1400 EUR/од.



Вартість комплекту для встановлення дозатора 14 947 Євро (596 684 грн).

Вартість «Додаток до бурового розчину MATEX TORGUELESS» 123,59 Євро (4 933 грн). Середній розхід 2 од./долота.

Каталожний №	Назва	Ціна Євро без ПДВ з 01.04.2023 рік
9469709645	Дозатор добавок до бурового розчину, Кат. №9469709645	10 805,82
9469709669	Додаток до бурового розчину MATEX TORGUELESS 17,5 кг, Кат. №9469709669	123,59
9469711798	Комплект для встановлення дозатора, Кат. №9469711798	4 141,22

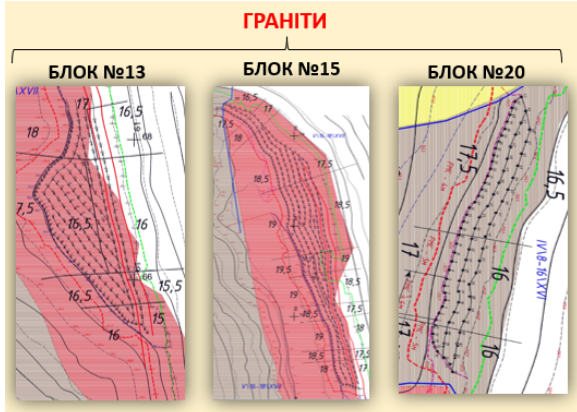


Рис. 2.5 Опис експерименту по використанню бурової добавки

Отримані висновки експерименту наведено далі по тексту після підведення підсумків згідно акту.

Також було проведено експеримент по збільшенню сопла на шарошкових долотах постачальника послуги ТОВ «Укрбурвибух»

**Результати буріння по скелі (граніти) долотом 244,5 мм (сопло 16 мм) постачальника послуги ТОВ «УКРБУРВИБУХ» на бур. верстаті EPIROC DM-75E госп. №32**



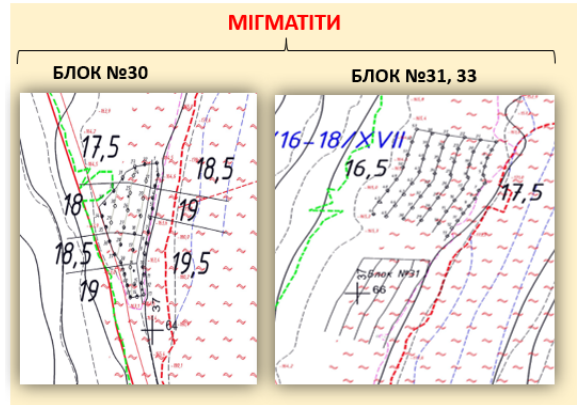
В період з 18.05.23р. по 18.07.23р. проводився експеримент по бурінню вибухових свердловин верстатом EPIROC DM-75E госп. №32 долотом діаметром 244,5 мм (сопло 16 мм) від постачальника послуги ТОВ «УКРБУРВИБУХ». Долота відпрацьовувались до зносу.

№ блоку	Складові породи	№ долота	Категорія з буримості	Періоди буріння
15	Граніти	01296	17	25.06.2023-02.07.2023
13	Граніти	01292	17	18.05.2023-23.05.2023
13	Граніти	01267	17	24.05.2023-27.05.2023
13	Граніти	01309	17	27.05.2023-30.05.2023
13, 15	Граніти	01277	17	30.05.2023-31.05.2023
15, 20	Граніти	01298	16, 17	03.07.2023-09.07.2023
20	Граніти	00838	16, 17	09.07.2023-18.07.2023



**Рис.2.6. Деталі експерименту з розширеним соплом на гранітах**

**Результати буріння по скелі (мігматити) долотом 244,5 мм (сопло 16 мм) постачальника послуги ТОВ «УКРБУРВИБУХ» на бур. верстаті EPIROC DM-75E госп. №32**



З 02.09.2023р. по теперішній час проводиться експеримент по бурінню вибухових свердловин верстатом EPIROC DM-75E госп. №32 долотом діаметром 244,5 мм (сопло 16 мм) від постачальника послуги ТОВ «УКРБУРВИБУХ». Долота відпрацьовувались до зносу.

№ блоку	Складові породи	№ долота	Категорія з буримості	Періоди буріння
30	Мігматити	01219	17	02.09.2023-04.09.2023
30	Мігматити	00575	17	04.09.2023-06.09.2023
30	Мігматити	00529	17	06.09.2023-08.09.2023
30, 31	Мігматити	00532	17	08.09.2023-09.09.2023
31, 33	Мігматити	00538	17	09.09.2023-12.09.2023
33	Мігматити	01028	17	12.09.2023-14.09.2023
33	Мігматити	00870	17	14.09.2023-17.09.2023
33, 31	Мігматити	00830	17	17.09.2023-19.09.2023
31	Мігматити	00567	17	19.09.2023-21.09.2023



**Рис.2.7 Результати експерименту з розширеним соплом на мігматитах**

Порівняння показників по бурінню на різних типах порід.

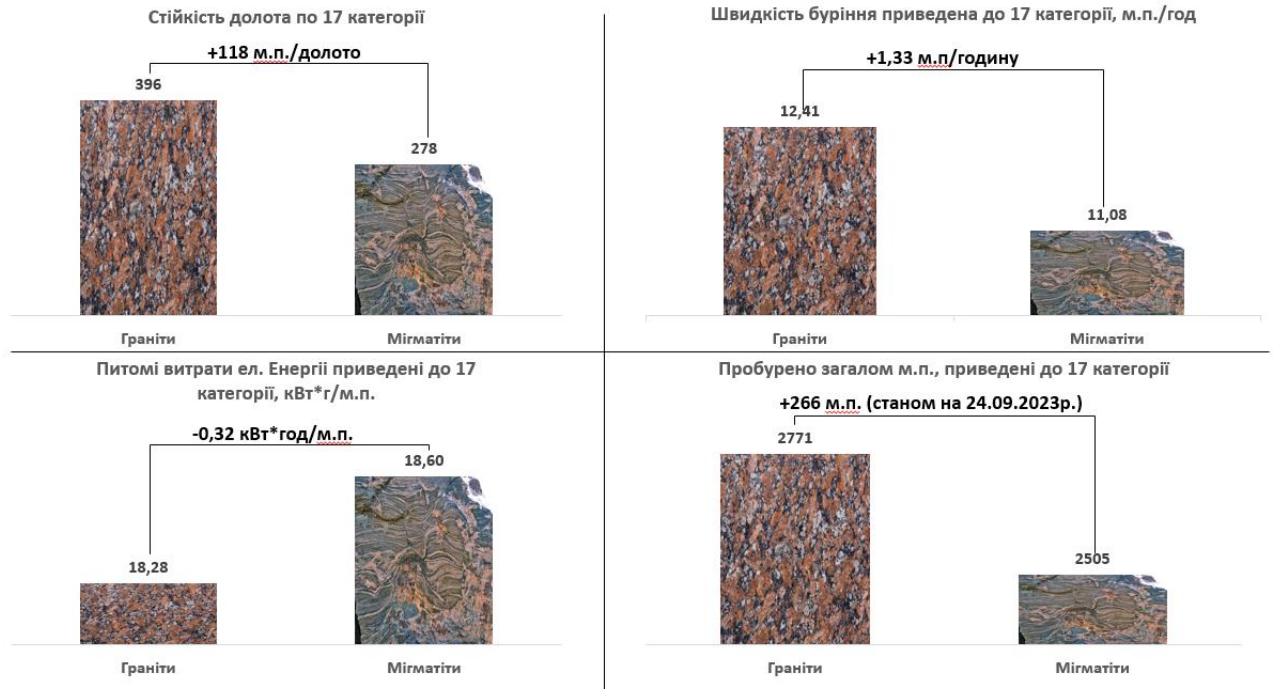


Рис.2.8 Порівняння основних показників при використанні розширеного сопла

### 2.3. Визначення основних проблем та недоліків бурових робіт в умовах кар'єру ПРАТ «ІНГЗК».

Основними недоліками ведення бурових робіт є використання неякісних шарошкових доліт та в цілому бурового інструмента неналежної якості. Це може призвести до передчасного виходу з ладу вузлів бурового верстату та призвести до економічних втрат на підприємстві.

Також важливим елементом є правильний вибір типу долота в залежності від міцності гірничих порід та їх фізико-механічних властивостей.

Бурові роботи в кар'єрі ПрАТ «ІНГЗК» стикаються з низкою проблем та недоліків, які впливають на ефективність видобутку та безпеку виробничих процесів. Основні з них включають:

### 1. **Зношеність та застарілість бурового обладнання:**

Використання фізично зношених та морально застарілих бурових верстатів призводить до зниження продуктивності та підвищення витрат на обслуговування. Заміна такого обладнання на сучасні високопродуктивні верстати є необхідною для підвищення ефективності бурових робіт. Для цього необхідно переходити від використання застарілих верстатів ВБШ та УВБШ на більш сучасні, так як Ferdinand, Epiroc та інші верстати імпортного виробництва.

### 2. **Необхідність регулярних ремонтів:**

Через інтенсивну експлуатацію бурових верстатів, виникає потреба в частих ремонтах, що може призводити до простоїв та зниження загальної продуктивності. Для цього необхідно більш раціонально підходити до визначення планових місячних показників верстатів, не опираючись на максимальну продуктивність, яку верстат показував, коли був тільки придбаний та закладати у план більшу кількість технічних обслуговувань та профілактичних заходів.

### 3. **Складні геологічні умови:**

Розробка родовища супроводжується складними геологічними умовами, що потребує детального вивчення мінералого-петрографічних особливостей руд і порід для оптимізації технологічних процесів. Також існує необхідність перегляду міцності обурюваних порід, тому що таблиці проф. Протод'яконова була створена в часи, коли кар'єри не були такими глибокими, тому що з поглибленням гірничих робіт існую вірогідність збільшення міцності порід( $\geq 20$ ).

Для подолання зазначених проблем рекомендується оновлення парку бурового обладнання, впровадження сучасних технологій буріння та підривних робіт, а також реалізація заходів з охорони навколишнього середовища.

## 2.4. Напрямки удосконалення бурових робіт

Потенційно привабливим напрямком виглядає використання бурових розчинів та добавок, які дозволяють збільшити ходимість бурових доліт та зменшують знос бурового інструменту та дозволяє економити на цьому. Також треба оптимально вибрати розмір сопла та враховувати тип та категорію порід, що підлягають обурюванню.

Важливо зберігати комплексний підхід, та послідовно впливати на процеси, які мають високий пріоритет при оцінці якості бурових робіт. Перш за все це підвищення технічної готовності бурових верстатів, вибір оптимальних типорозмірів долот, оптимальну бурову оснастку, визначення кращих виробників по критеріям вартість-якість, ну а потім вже є сенс змінювати підхід до проектування – вибір оптимальної сітки свердловин, перебуру, схеми комутації, тощо. Також важливим напрямом є збільшення продуктивності бурових верстатів, зменшення часу планових простоїв та виконання попереджувальної діагностики, що дозволить знизити вірогідність аварійних простоїв бурового обладнання.

Використання сучасних технологій також може позитивно вплинути на процес буріння, якщо це буде економічно доцільно.

Є сенс розглянути придбання гідравлічного бурового верстата для збільшення мобільності бурового парку, дана опція позитивно себе зарекомендувала на сміжних підприємствах для можливості оперативного реагування, коли є необхідність добуриати невелику кількість свердловин на вибух, або прочистити свердловини блоку, який давно відбурено, усунути брак, або вибурити свердловини на ділянці кар'єру що має високу обводненість(наприклад на зарізці нового горизонту) з можливістю їх скорішого заряджання, минаючи етап видалення ліній, переключень та інших супутніх моментів.

Отже існує достатньо можливих напрямків удосконалення бурових робіт, при опрацюванні яких можливо покращити стан бурових робіт на кар'єрі ПРАТ «ІНГЗК».

### **РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК ЗБІЛЬШЕННЯ ХОДИМОСТІ ДОЛІТ У СВІТІ**

Ходимість бурового долота – це показник його стійкості та ефективності, який визначає довжину пробуреного метражу до заміни долота. У сучасній світовій практиці використовують різні методики для збільшення ходимості доліт, спрямовані на покращення їхньої конструкції, матеріалів, а також оптимізацію режимів буріння.

Збільшення ходимості доліт у світі досягається комплексним підходом, що включає вдосконалення матеріалів, конструкцій, використання сучасних технологій моніторингу та оптимізацію режимів буріння. Поєднання цих методик дозволяє суттєво підвищити ефективність буріння, знизити витрати та мінімізувати екологічний вплив.

Оптимізація параметрів буріння:

1. Регулювання навантаження на долото (WOB) та частоти обертання (RPM)

2. Використання математичних моделей для вибору оптимального співвідношення WOB та RPM залежно від геологічних умов.

3. Оптимізація складу бурового розчину

Використання бурових рідин із покращеними змащувальними властивостями для зменшення тертя.

У нашій роботі ми детально пройдемо по реагентам, які дозволяють збільшити ресурс шарошкових доліт. В першу чергу ми розглянемо реагент, який вже було використано на кар'єрі ПРАТ «ІНГЗК» - це Matex Torqueless від Epiroc.



Рис.3.1. Зовнішній вигляд реагента у тарі.

Так на ПРАТ «ІНГЗК» були проведені випробування шарошкових доліт виробництва Еріос з використанням бурової добавки.

Предмет випробувань:

В період з 3 листопада 2023р. по 8 січня 2024р. згідно затвердженої «Програми і методики промислових випробувань долот шарошкових Еріос Ø250,8 тип К. Кат.№ 93010234» від ТОВ «Епірок Україна» з використанням бурових добавок виробництва «Еріос» «MATEX TORGUELESS» в умовах кар'єру проведені промислові випробування бурових доліт:

- 250,8 тип К. Кат.№ 93010234 – кількістю 30 шт. – постачальник ТОВ «Епірок Україна».

- Вказаними долотами виконувалось буріння вибухових свердловин верстатом госп. №32.

- Для порівняння 15 долот відпрацьовувались з буровою добавкою виробництва «Epiroc» «MATEX TORGUELESS», та 15 долот без добавки.

#### Мета випробувань

Визначення для ПрАТ «ІНГУЛЕЦЬКИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМ-БІНАТ» економічної доцільності застосування бурових добавок MATEX TORGUELESS (кат. №9469709669) та дозуючого пристрою MATEX FLUID INJECTOR SYSTEM (кат. №9469709645) з додатковим комплектом для встановлення дозатору (кат. 9469711798).

#### Місце та умови проведення випробувань

Для визначення працездатності та технічних показників долота відпрацьовувались за основними видами гірських порід, що розділені на 2 групи: руда та скеля.

Долота відпрацьовані до явних ознак зношування на бурових верстатах госп. №32 на режимах буріння:

- осьове навантаження, кН до 250;
- кількість оборотів обертача, об/хв до 90.

Буріння вибухових свердловин виконувалось згідно з проектами на буріння з наступним розподілом і складовими породами:

Таблиця 3.1 Буріння по руді з буровою добавкою

Тип породи	Наявність бурової добавки	№ блоку	Горизонт	№ долота	Складові породи	Категорія з буримості
руда	Так	41	-405	3080590	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	46	-405	3081132	Кварцити магнетитові, магнетит-	20

					силікатні	
руда	Так	51	-345	3080787	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	51	-345	3080663	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	54	-345	3080626	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	65	-405	3080217	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	66	-345	3080618	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	66	-345	3080619	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	69	-345	3080726	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	69	-345	3080627	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	69	-345	3080723	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	69	-345	3080215	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Так	69	-345	3080754	Кварцити магнетитові, магнетит-	20

					силікатні	
руда	Так	69	-345	3080279	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20

Таблиця 3.2 Буріння по руді без бурової добавки

Тип породи	Наявність бурової добавки	№ блоку	Горизонт	№ долота	Складові породи	Категорія з буримості
руда	Ні	41	-405	3081131	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	46	-405	3080592	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	51	-345	3080525	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	51	-345	3081128	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	54	-345	3081111	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	65	-405	3081110	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	66	-345	3081107	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20
руда	Ні	66	-345	3080275	Кварцити магнетитові, магнетит- силікатні	20

руда	Ні	69	-345	3080687	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Ні	69	-345	3080686	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Ні	69	-345	3080280	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Ні	69	-345	3080727	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Ні	69	-345	3080629	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20
руда	Ні	69	-345	3080216	Кварцити магнетитові, магнетит-силікатні	20

Таблиця 3.3 Буріння по скелі з буровою добавкою

Тип породи	Наявність бурової добавки	№ блоку	Горизонт	№ долота	Складові породи	Категорія з буримості
скеля	Так	64	-165	3080215	Граніти, аркози	17

Таблиця 3.4 Буріння по скелі без бурової добавки

Тип породи	Наявність бурової добавки	№ блоку	Горизонт	№ долота	Складові породи	Категорія з буримості
скеля	Ні	64	-165	3080591	Граніти, аркози	17

### Результати випробувань

Показники відпрацювання шарошечних доліт зведені в таблиці:

- таблиця №5 – результати відпрацювання доліт по руді;

- таблиця №6 – результати відпрацювання долот по скелі

Долота від ТОВ «Епірок Україна» відпрацьовані до повного зносу.

Табл.3.5 – результати буріння по руді з буровою добавкою.

№ блоку	Питома витрата ел.енергії, кВт*г/пог.м	Швидкість буріння, м.п./год	Середня категорія по буримості
41	27,18	12,58	20,00
46	29,77	10,84	20,00
51	26,51	10,68	20,00
54	21,64	11,8	20,00
65	24,68	14,73	20,00
66	28,28	12,74	20,00
69	26,34	12,47	20,00
<b>ЗАГАЛОМ:</b>	<b>26,43</b>	<b>12,28</b>	<b>20,00</b>

Табл.3.6 – результати буріння по руді без бурової добавки.

№ блоку	Питома витрата ел.енергії, кВт*г/пог.м	Швидкість буріння, м.п./год	Середня категорія по буримості
41	26,96	11,66	20,00
46	31,05	10,76	20,00
51	22,21	10,74	20,00
54	26,42	11,8	20,00
65	26,95	12,62	20,00
66	27,14	11,73	20,00
69	24,9	10,92	20,00
<b>ЗАГАЛОМ:</b>	<b>26,48</b>	<b>11,29</b>	<b>20,00</b>

Табл.3.7 – результати буріння по скелі з буровою добавкою.

№ блоку	Питома витрата ел.енергії, кВт*г/пог.м	Швидкість буріння, м.п./год	Середня категорія по буримості
64	24,78	12,64	17
<b>ЗАГАЛОМ:</b>	<b>24,78</b>	<b>12,64</b>	<b>17</b>

Табл.3.8 – результати буріння по скелі без бурової добавки.

№ блоку	Питома витрата ел.енергії, кВт*г/пог.м	Швидкість буріння, м.п./год	Середня категорія по буримості
64	28,64	11,19	17
<b>ЗАГАЛОМ:</b>	<b>28,64</b>	<b>11,19</b>	<b>17</b>

Характер зносу шарошкових доліт.

Причини виходу з експлуатації шарошечних доліт:

1. Ерозійне зношування тіл шарошок з подальшою втратою озброєння по вершинах шарошок – 18 шт. (60%);
2. Зношування опор долота – 5 шт. (16%);
3. Повне відпрацювання – 7 шт. (24%).

Висновки

1. Середній строк служби долот Ерігос на буровому верстаті DM75 №32 становить 400 п.м.

2. При досягненні середнього строку служби +20% у 17 категорії буримості, а саме 480 п.м. і більше, долота будуть оплачені за стандартною ціною згідно з прайс-листом для групи Метинвест. (1734,68 EUR/од).

3. Шарошечні долота зі строком служби менше або рівним 479 п.м. у 17 категорії буримості будуть оплачені зі знижкою  $\approx$  20%. 1400 EUR/од.

Фактичні показники по всім долотам зведені в таблиці № 7, 8.

Розрахунки виконуються по фактичній прохідці долот приведеній до 17 категорії.

Табл. 3.9 - Стійкість доліт.( з 1 до 15 з добавкою, з 16 по 30 без)

№ п/п	№ долота	Тип породи	Проходка долота (цільова), м.п.	Проходка долота (фактична), м.п.	Відхилення
1	3080590	руда	480	749,45	269,45
2	3081132	руда	480	493,35	13,35
3	3080787	руда	480	507,29	27,29
4	3080663	руда	480	492,32	12,32
5	3080626	руда	480	626,82	146,82
6	3080217	руда	480	645,29	165,29
7	3080618	руда	480	530	50
8	3080619	руда	480	509,4	29,4

9	3080726	руда	480	520,59	40,59
10	3080627	руда	480	545,88	65,88
11	3080723	руда	480	827	347
12	3080215	скеля	480	1055,88	575,88
13	3080628	руда	480	497,26	17,26
14	3080754	руда	480	576,21	96,21
15	3080279	руда	480	535,6	55,6
16	3081131	руда	480	485,21	5,21
17	3080592	руда	480	498,5	18,5
18	3080525	руда	480	507,06	27,06
19	3081128	руда	480	518,71	38,71
20	3081111	руда	480	497	17
21	3081110	руда	480	512,9	32,9
22	3081107	руда	480	485,6	5,6
23	3080275	руда	480	492,4	12,4
24	3080687	руда	480	542,9	62,9
25	3080686	руда	480	491,18	11,18
26	3080280	руда	480	517,65	37,65
27	3080591	скеля	480	484,12	4,12
28	3080727	руда	480	503,43	23,43
29	3080629	руда	480	495,12	15,12
30	3080216	руда	480	502,8	22,8

Загальна фактична стійкість партії доліт (30 шт.):

-по руді (28 шт.) факт **538,84** м.п., цільова стійкість згідно договору- 480 м.п.(з буровою добавкою – **575,46** м.п., без бурової добавки – **502,225**)

З буровою добавкою більше цільового значення на 20%, без бурової добавки більше цільового значення на 5%.

-по скелі (2 шт.) факт **779,65** м.п., цільова стійкість згідно договору- 480 м.п.(з буровою добавкою – **1055,8** м.п., без бурової добавки – **503,43**)

З буровою добавкою більше цільового значення на 55%, без бурової добавки більше цільового значення на 5%.

-по гірничій масі (30 шт.) факт **554,89** м.п., цільова стійкість згідно специфікації- 480 м.п. (з буровою добавкою – **607,48** м.п., без бурової добавки – 502,3)

З буровою добавкою більше цільового значення на 21%, без бурової добавки більше цільового значення на 5%.

Табл. №3.10 Швидкість буріння.

№ п/п	№ долота	Тип породи	Швидкість буріння (цільова),	Швидкість буріння (фактична),	Відхилення
-------	----------	------------	------------------------------	-------------------------------	------------

			м.п./год	м.п./год	
1	3080590	руда	9,5	12,58	3,08
2	3081132	руда	9,5	10,84	1,34
3	3080787	руда	9,5	10,45	0,95
4	3080663	руда	9,5	10,91	1,41
5	3080626	руда	9,5	11,8	2,3
6	3080217	руда	9,5	14,73	5,23
7	3080618	руда	9,5	12,35	2,85
8	3080619	руда	9,5	13,12	3,62
9	3080726	руда	9,5	12,76	3,26
10	3080627	руда	9,5	11,98	2,48
11	3080723	руда	9,5	12,57	3,07
12	3080215	скеля	9,5	12,64	3,14
13	3080628	руда	9,5	12,87	3,37
14	3080754	руда	9,5	13,05	3,55
15	3080279	руда	9,5	11,92	2,42
16	3081131	руда	9,5	11,66	2,16
17	3080592	руда	9,5	10,44	0,94
18	3080525	руда	9,5	11,08	1,58
19	3081128	руда	9,5	10,41	0,91
20	3081111	руда	9,5	13,47	3,97
21	3081110	руда	9,5	11,78	2,28
22	3081107	руда	9,5	10,93	1,43
23	3080275	руда	9,5	10,42	0,92
24	3080687	руда	9,5	11,13	1,63
25	3080686	руда	9,5	11,43	1,93
26	3080280	руда	9,5	12,63	3,13
27	3080591	руда	9,5	11,19	1,69
28	3080727	руда	9,5	11,56	2,06
29	3080629	руда	9,5	10,78	1,28
30	3080216	руда	9,5	10,43	0,93

Загальна фактична швидкість буріння партії доліт :

-по руді (28 шт.) факт **11,78** м.п./год, ціль 9,5 м.п./год;(з добавкою – 12,28 м.п./год., без добавки – 11,29 м.п./год. З добавкою швидше на 8 %.

-по скелі (2 шт.) факт **11,915** м.п./год, ціль 9,5 м.п./год;( з добавкою – 12,64 м.п./год., без добавки – 11,19 м.п./год. З добавкою швидше на 11 %

-по гірничій масі (30 шт.) факт **11,79** м.п./год, ціль 9,5 м.п./год.( з добавкою – 12,3 м.п./год., без добавки – 11,29 м.п./год. З добавкою швидше на 8 %

**1.1.** На підставі отриманих даних, при вартості долота 72 475 грн., вартість 1 пог.м склала по гірничій масі **130,609** грн./м.п.( з добавкою – 119,3 грн./м.п., без добавки – 144,28 грн./м.п.)  
Розподіл по видам порід:

- Буріння 1 пог. м. руди долотом ТОВ «Епірок Україна» склала **134,33** грн./м.п. ( з добавкою – 125,94 м.п. без добавки – 143,91 грн./м.п.)
- Буріння 1 пог. м. скелі долотом ТОВ «Епірок Україна» склала **94,12** грн./м.п.

( з добавкою – 68,63 м.п. без добавки – 149,7 грн./м.п.)

З урахуванням вартості бурової добавки: 123,59 євро за каністру(було витрачено 42 каністри-840 літрів) На 1 пог.м. буріння витрачається 0,0921 літра бурової добавки.

Додаткові витрати на буріння 1 пог.м. склали – 23,82 грн./пог.м.

Ціна буріння 1 пог.м. з добавкою по гірничій масі – **143,12** грн./пог.м. без добавки – **143,91** грн./пог.м. Економія – 0,79 грн./пог.м.

На основі вищенаведеного можна зробити висновок у наявному потенціалі технології, та завдяки отриманому економічному ефекту можна запроваджувати дану добавку на постійній основі при виконанні бурових робіт верстатами Epiroc.

Огляд основних бурових добавок для збільшення ресурсу долота, які застосовуються у світі:

Сучасні бурові добавки для збільшення ресурсу шарошкових доліт

Шарошкові долота широко використовуються для буріння міцних і абразивних порід. Їхній ресурс значною мірою залежить від умов роботи, зокрема зносу ріжучих елементів, тертя, перегріву та гідравлічного розмиву. Для підвищення довговічності таких доліт застосовуються сучасні бурові добавки, які покращують мастильні, охолоджувальні та захисні властивості бурового розчину.

Основні типи сучасних добавок для збільшення ресурсу шарошкових доліт

#### 1. Мастильні добавки (Lubricants)

Ці реагенти зменшують тертя між долотом і стінками свердловини, а також між ріжучими елементами та породою, що сприяє меншому зносу.

Приклади:

- TORQUELESS™ (KEMTRON, M-I SWACO, Halliburton) – знижує крутний момент, запобігає намагнічуванню бурових штанг і захищає шарошки від перегріву.
- DRIL-LUBE™ (Baker Hughes) – підвищує змазувальні властивості бурового розчину, що зменшує знос долота.
- LubePro™ (Schlumberger) – створює захисний мастильний шар на поверхні шарошок.

## 2. Антифрикційні полімерні добавки (Friction Reducers)

Зменшують тертя та зношування ріжучих елементів, особливо у високоабразивних породах.

Приклади:

- POLY-PLUS™ (Halliburton) – водорозчинний полімер, що покращує змазувальні властивості розчину.
- New Drill EZ™ (Schlumberger) – полімерний реагент для зниження крутного моменту та збільшення ресурсу долота.

## 3. Добавки для захисту від абразивного зносу (Wear Protection Additives)

Ці добавки зменшують механічний вплив абразивних частинок, що продовжує термін служби долота.

Приклади:

- BARO-TROL™ (Baker Hughes) – спеціальні мікрочастинки, що знижують абразивну дію твердої фази розчину на ріжучі елементи.
- SandShield™ (Schlumberger) – утворює захисний шар на металевих поверхнях шарошкових доліт.

## 4. Охолоджувальні добавки (Cooling Agents)

Запобігають перегріву ріжучих елементів, особливо при бурінні твердих порід.

Приклади:

- StayCool™ (Baker Hughes) – технологія, що зменшує перегрів ріжучих елементів шарошкового долота.
- AquaShield™ (Halliburton) – система терморегуляції для підвищення ефективності роботи долота у високотемпературних умовах.

## 5. Гідравлічні модифікатори (Hydraulic Enhancers)

Забезпечують ефективніше очищення долота від шламу, знижуючи ризик його передчасного зношення.

Приклади:

- RheoVIS™ (Schlumberger) – регулює реологію бурового розчину, покращуючи видалення шламу.
- HYDRANIT™ (Baker Hughes) – збільшує гідравлічну енергію, що підвищує ефективність очищення долота.

### Висновки

Застосування сучасних мастильних, полімерних, охолоджувальних та гідравлічних добавок дозволяє: Знизити тертя та знос шарошкових доліт.

Покращити видалення шламу, що запобігає передчасному виходу долота з ладу. Збільшити термін експлуатації доліт при бурінні твердих та абразивних порід. Оптимізувати витрати на буріння, зменшуючи кількість спуско-підіймальних операцій.

Використання правильних бурових добавок може суттєво підвищити ефективність бурового процесу та зменшити експлуатаційні витрати.

Розглянемо сучасні технології, для збільшення ресурсу шарошкових доліт.

### Технологія StayCool™ від Baker Hughes у PDC-долотах

Baker Hughes є одним із провідних світових виробників бурового обладнання, включаючи PDC-долота (Polycrystalline Diamond Compact). Однією з ключових інновацій компанії у цій сфері є технологія StayCool™, яка спрямована на підвищення довговічності та ефективності ріжучих елементів доліт.

### Основна ідея технології StayCool™

Ріжучі елементи PDC-доліт зазнають значного термічного навантаження під час буріння, що може призводити до їх перегріву, швидкого

зношування та зниження ефективності роботи. StayCool™ розроблена для зменшення цього перегріву шляхом покращеного тепловідведення та модифікації поверхневих характеристик ріжучих елементів.

#### Ключові переваги технології StayCool™

- Зниження перегріву ріжучих елементів – завдяки спеціальним покриттям і модифікації структури PDC-вставок зменшується накопичення тепла, що дозволяє долоту працювати стабільніше та довше.
- Підвищена стійкість до абразивного зношування – матеріал ріжучих елементів краще витримує контакт із твердими гірськими породами.
- Збільшення ходимості долота – зменшення термічної деградації дозволяє бурити більші інтервали без заміни долота, що знижує витрати на буріння.
- Покращена ефективність буріння у твердих і абразивних породах – долото залишається гострішим довше, що забезпечує стабільну швидкість проходки.

#### Практичне застосування

Долота з технологією StayCool™ широко використовуються для буріння складних геологічних порід, особливо у нафтовій та газовій промисловості. Вони забезпечують значне підвищення продуктивності буріння та скорочення простоїв, що робить їх одними з найефективніших на ринку.

Таким чином, StayCool™ від Baker Hughes є важливим кроком у розвитку PDC-доліт, що дозволяє операторам зменшити витрати на буріння та підвищити загальну продуктивність свердловин.

Також цікавою технологією є:

Cerebro™ – це цифрова платформа збору даних, вбудована у бурове долото. Вона збирає, зберігає та аналізує інформацію про робочі параметри долота під час буріння, що дає змогу оцінювати умови свердловини та оптимізувати буровий процес.

Основні можливості Cerebro™:

1. Відстеження ключових параметрів у реальному часі

Cerebro™ збирає та аналізує дані про:

- Вібрації – контроль над механічними навантаженнями, що можуть спричинити пошкодження долота.
- Осеве та радіальне навантаження – допомагає уникнути передчасного зношення інструменту.
- Крутний момент (Torque) та швидкість обертання (RPM) – дозволяє визначити оптимальні режими буріння.
- Температурний режим долота – моніторинг перегріву та зміни фізичних характеристик матеріалу.

## 2. Оптимізація роботи долота

- Cerebro™ допомагає операторам розуміти, як змінювати режими буріння для зниження навантажень на інструмент.
- Система дозволяє запобігати передчасному зносу долота за рахунок коригування параметрів роботи.
- Покращена передача даних допомагає операторам приймати швидкі рішення щодо зміни режимів буріння.

## 3. Підвищення ефективності бурового процесу

- Завдяки детальному аналізу роботи долота Cerebro™ дозволяє бурити довші інтервали без заміни інструменту.
- Зменшується кількість незапланованих зупинок, пов'язаних із передчасним виходом долота з ладу.
- Зниження механічного зносу збільшує загальний термін служби бурового інструменту.

## Переваги технології Cerebro™

Підвищена продуктивність – оптимізація режимів буріння зменшує час простою та витрати на заміну доліт.

Зниження витрат на буріння – долота працюють довше, що скорочує кількість спуско-підіймальних операцій.

Безпечніше буріння – мінімізація ризиків, пов'язаних із вібраціями, механічними навантаженнями та перегрівом.

Покращена якість збору даних – аналіз вібрацій та навантажень дозволяє приймати обґрунтовані рішення.

### Практичне застосування

Serebro™ вже активно використовується в складних бурових умовах, включаючи глибокі нафтові та газові свердловини, шельфові бурові проекти та розробку горизонтальних свердловин.

За допомогою цієї технології Halliburton допомагає компаніям не лише зменшити витрати на буріння, а й підвищити надійність інструменту, що є ключовим фактором у сучасній буровій індустрії.

Можливо також використання технології I-Drill від Schlumberger:

Технологія i-DRILL™ від Schlumberger: Інтелектуальний підбір бурових доліт

Компанія Schlumberger, світовий лідер у сфері бурових технологій, розробила i-DRILL™, інноваційну систему підбору бурових доліт. Ця технологія використовує аналіз історичних даних, моделювання бурових умов та машинне навчання для вибору оптимального долота під конкретні геологічні умови.

### Що таке i-DRILL™?

i-DRILL™ – це програмний комплекс, який аналізує великий обсяг бурових даних для визначення найкращої конструкції долота та оптимальних параметрів буріння. Завдяки точному прогнозуванню роботи долота, технологія дозволяє зменшити витрати на буріння, підвищити швидкість проходки та збільшити ресурс інструменту.

### Основні можливості i-DRILL™

#### 1. Аналіз історичних даних

Технологія використовує базу даних Schlumberger, яка містить інформацію про:

- Характеристики порід, через які проходило буріння.
- Попередній досвід використання різних типів доліт.
- Параметри роботи бурового обладнання (навантаження, обертання, гідравліку тощо).
- Причини виходу доліт з ладу.

На основі цих даних i-DRILL™ прогнозує, яке долото буде найбільш ефективним у конкретних умовах.

## 2. Моделювання бурового процесу

Технологія використовує передові алгоритми моделювання, які дозволяють:

- Прогнозувати поведінку долота у свердловині.
- Оптимізувати параметри буріння (вага на долото, швидкість обертання, гідравліку).
- Виявляти потенційні ризики, такі як перевантаження, вібрація або передчасний знос.

## 3. Вибір оптимального долота

i-DRILL™ рекомендує найкращу конструкцію долота, враховуючи:

- Тип ріжучих елементів (PDC, шарошкові, алмазні).
- Геометрію ріжучих елементів для максимального проникнення та мінімального зносу.
- Оптимальний баланс між швидкістю проходки та стійкістю долота.

## 4. Оптимізація параметрів буріння

Після вибору долота система пропонує найбільш ефективні режими роботи, які дозволяють:

- Збільшити швидкість буріння.
- Зменшити знос інструменту.
- Скоротити кількість спуско-підіймальних операцій.

## Переваги технології i-DRILL™

Підвищення ефективності буріння – правильний вибір долота забезпечує вищу швидкість проходки.

Зниження витрат – менша кількість замін доліт зменшує витрати на буріння.

Збільшення ресурсу доліт – оптимальний режим роботи подовжує термін служби інструменту.

Зменшення ризиків – моделювання дозволяє передбачати та запобігати аварійним ситуаціям.

Адаптація до конкретних умов – технологія враховує особливості кожної свердловини.

## Практичне застосування

Технологія i-DRILL™ широко використовується у бурових проектах по всьому світу, зокрема у складних геологічних умовах, глибоких нафтових і газових свердловинах, а також при бурінні горизонтальних та шельфових свердловин.

Завдяки i-DRILL™ Schlumberger допомагає компаніям оптимізувати буровий процес, зменшити витрати та підвищити загальну продуктивність буріння.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ БУРОВИХ РОБІТ

Правила охорони праці під час відкритого розроблення родовищ корисних копалин (НПАОП 0.00-1.24-10) набрали чинності згідно з наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18.03.2010 р. № 61. Вони поширюються на всіх суб'єктів господарювання, незалежно від форми власності, які займаються розробкою рудних і нерудних корисних копалин відкритим способом.

Дотримання цих Правил є обов'язковим для підприємств, що здійснюють проектування, будівництво та експлуатацію кар'єрів (розрізів), а також будівель, споруд, машин, устаткування, засобів захисту і контролю, приладів та матеріалів. Вони також стосуються всіх працівників, чия діяльність пов'язана з перебуванням на об'єктах відкритих гірничих робіт.

Згідно з вимогами Правил, бурові роботи мають виконуватися відповідно до технологічних інструкцій, які розробляє підприємство для кожного виду буріння (шарошкового, вогневого).

Забороняється використовувати верстати для вогневого (термічного) буріння в гірських породах, що можуть займатися або виділяти отруйні гази.

Після завершення буріння кожен свердловину з діаметром устя понад 250 мм необхідно перекривати.

Ділянки з пробуреними свердловинами мають бути обов'язково позначені попереджувальними знаками. [30]

Час початку та закінчення звучання звукових сигналів визначається «Розпорядком проведення масового вибуху».

Попереджувальний сигнал – один тривалий, не менше 30 хв. подається за 2 години до масового вибуху. За цим сигналом усі працівники, які не задіяні у виробництві масового вибуху, видаляються за

межі небезпечної зони. Відповідальні за охорону небезпечної зони по секторах виставляють пости оточення, а вибухперсонал не задіяний на комутації вибухової мережі, воєнізована охорона віддаляється на місце збору. Прибувши на місце збору відповідальний працівник воєнізованої охорони подає письмове повідомлення керівнику МВ, письмове повідомлення про виведення всіх осіб охорони за межі небезпечної зони вибуху.

Відповідальний за підготовку кар'єру до масового вибуху, виведення людей з небезпечної зони, її охорону та допуск людей у кар'єр, після отримання ним письмових донесень від відповідальних за структурними підрозділами комбінату та кар'єру, усну доповідь з радіозв'язку від відповідальних за охорону небезпечної зони по секторах, що люди, крім вибухперсоналу, виведені за межі небезпечної зони, пости охорони виставлені, дає про це письмове повідомлення відповідальному керівнику масового вибуху. Отримавши письмове повідомлення, відповідальний керівник масового вибуху подає команду на відключення попереджувального сигналу та на комутацію вибухової мережі блоків.

Після закінчення комутації вибухової мережі блоків та її перевірки, відповідальні за блоками вивозять вибухперсонал, не зайнятий на комутації підривної мережі, за межі небезпечної зони на місце збору, про що надають письмове повідомлення начальнику вибухової ділянки.

Після виведення у місце збору всіх людей, які пов'язані з монтажем бойових вузлів, відповідальний керівник МВ дає команду на монтаж бойових вузлів (підключення магістральних хвилеводів вибухових блоків до виконавчих блоків приладу дистанційного підривання). Виконавши ці роботи, відповідальні за комутацію підривної мережі (старші блоків) прибувають на місце збору, і надають начальнику вибухової ділянки повідомлення про виведення з блоків всіх людей, які робили комутацію підривної мережі.

Начальник вибухової дільниці, переконавшись, що всі люди, які виконували роботу з комутації вибухової мережі, виведені на місце збору, оформлює повідомлення про виведення всіх людей, які брали участь у підготовці МВ, за межі небезпечної зони та готовності блоків до вибуху.

Відповідальний керівник за підготовку кар'єру до масового вибуху по радіозв'язку отримує підтвердження від відповідальних осіб по секторах, що охороняються, небезпечної зони про готовність до вибуху і доповідає про це відповідальному керівнику масового вибуху письмово.

Відповідальний керівник масового вибуху, отримавши підтвердження від відповідального за підготовку кар'єру до масового вибуху про відсутність людей у небезпечній зоні та готовність кар'єру до вибуху, дає команду на подачу бойового сигналу (дві змінної тональності тривалістю по 7 хв. кожен з інтервалом 30 сек.). відповідно до «Розпорядку...».

Після закінчення звучання бойового сигналу, відповідальний керівник масового вибуху віддає ключ від командного пристрою «ПДУВ 1670» підривнику, відповідальному за подачу радіосигналу з командного на виконавчий пристрій, та подає команду на вибух.

Після огляду місця вибуху та відсутності «відмов» зарядів ВР, відповідальний керівник масового вибуху дає команду на подачу сигналу «Відбій» (три короткі сигнали тривалістю по 10 сек. з інтервалом 5 сек.) відповідно до «Розпорядку проведення масового вибуху». По цьому сигналу пост охорони небезпечної зони знімаються.

Під час дії особливого (військового) стану порядок подачі звукових сигналів затверджується в розпорядчій документації на проведення МВ.

Під час виконання технологічних операцій із підготовки та проведення масового вибуху вибуховий персонал керується чинною нормативно-технічною документацією, що регламентує ведення вибухових робіт, а також відповідними інструкціями та положеннями.

Буріння свердловин здійснюється виключно відповідно до затвердженого паспорта та проєкту бурових робіт. Буровий верстат має встановлюватися на вирівняному майданчику таким чином, щоб його гусениці знаходилися не ближче ніж за 2 метри від верхньої брівки уступу та розташовувалися перпендикулярно до неї.

Дозволяється використання бурового верстата для очищення свердловин у блоці, що заряджається, за умови постійного їх зашламування. При цьому порядок застосування верстата та заходи безпеки повинні відповідати вимогам чинного законодавства.

Перед заряджанням гирла свердловин у радіусі 0,7 м необхідно очистити від уламків породи та бурового шламу. Проїзди між рядами свердловин та під'їзди до блоків мають бути сплановані таким чином, щоб забезпечити безпечний рух технологічного автотранспорту під час зарядки та забійки свердловин.

Блоки, що заряджаються, повинні бути очищені від сторонніх предметів і обладнання. Корки з вибухових речовин другої групи, що утворилися у свердловинах, дозволяється ліквідувати лише за допомогою дерев'яного пробійника.

Встановлення та закріплення проміжних детонаторів (ПД) має виключати їхнє випадкове падіння в свердловину. Під час зарядки та забійки свердловин забороняється наїзд на детонувальні шнури, хвилеводи та гирла свердловин.

Заборонена зона повинна бути позначена червоними прапорцями або попереджувальними знаками «СТІЙ! ВИБУХОВІ РОБОТИ». Прохід у цю зону стороннім особам, які не залучені до підготовки масового вибуху, його контролю, заряджання, забійки чи комутації вибухових блоків, забороняється.

Не допускається перебування людей під або над «заколами», «козирками» тощо, а також ближче ніж на  $2/3$  висоти уступу від нижньої брівки уступу.

Всі технологічні операції та роботи здійснюються виключно за командою відповідального керівника масового вибуху та осіб технічного нагляду. Будь-які зміни в проєкті масового вибуху без додаткового узгодження не допускаються.

Роботи виконуються у спеціальному одязі, із застосуванням засобів індивідуального захисту та справним інструментом. Використання вибухових матеріалів у кількості, що перевищує передбачену проєктом, заборонене.

Контроль за виконанням проєкту масового вибуху покладається на відповідальних осіб, визначених у розпорядженні кар'єру.

Вибухові матеріали забороняється кидати, кантувати чи піддавати ударам.

Огляд місця вибуху здійснюється візуально, починаючи з підвітряного боку.

Пересування по підірваній гірській масі суворо заборонене.

Оповіщення та організація робіт проводяться відповідно до «Інструкції з організації використання повітряного простору під час проведення вибухових робіт у кар'єрі ПРАТ «ІНГЗК».[30]



## ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

В роботі виконано аналітичне дослідження результатів експериментів по використанню різних бурових добавок для підвищення ходимості та знайдено й запропоновано декілька можливих варіантів її вдосконалення. Результати роботи були основою для формулювання автором роботи наступних висновків.

1. Розглянуті у роботі шаршкові долота різних виробників були порівняні по декільком критеріям та сформовані висновки по оптимальному вибору діаметра та виробника. Долота більшого діаметру показали себе більш економічно ефективними, але не для усіх порід. Міцні рудні блоки при обурюванні більшим діаметром зазвичай збільшують свій гранулометричний склад, що не завжди доцільно на наступних переділах.

2. Використання бурових добавок(таких як «Matex Torqueless» від Epiroc або «Емульсол», який раніше використовувався на бурових верстатах ПРАТ «ІНГЗК» мають позитивний ефект та збільшують ходимість шаршкових долот. Отримана фактична економія у результаті експерименту з «Matex Torqueless» склала 0,79 грн/пог.м. На менш міцних породах, як правило цей ефект значно вищий.

3. Розглянуто зарубіжні технології, що мають потенціал для використання в умовах кар'єрів Криворіжжя та проведено аналіз існуючим заходам, що дозволяють збільшити ресурс бурового інструменту в умовах кар'єрів.

4. Для збільшення ресурсів важливо поступово та планомірно покращувати продуктивність, оновлювати буровий парк та використовувати сучасні технології та ефективні бурові добавки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз техніко-економічних показників шарошечного буріння на відкритих гірничих роботах України // Матеріали конференції Житомирського державного технологічного університету. 2019. С. 58–62. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/10/58.pdf>
2. Підвищення напрацювання шарошкових доліт при бурінні залізної руди відкритим способом // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2022. Вип. 45. С. 60–65. URL: [https://journals.uran.ua/vestnikpgtu\\_tech/article/download/276236/273076/641856](https://journals.uran.ua/vestnikpgtu_tech/article/download/276236/273076/641856)
3. Ефективність застосування бурових верстатів на кар'єрах України // Гірничий вісник. 2020. № 3. С. 45–50. URL: <https://mining.kpi.ua/article/view/55457/51639>
4. Буріння свердловин : підручник для студентів гірничих спеціальностей. Полтава: ПолтНТУ, 2018. 250 с. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/14394/1/1%20Буріння%20свердловин%20електр.pdf>
5. Гірничі машини для відкритих гірничих робіт : навчальний посібник. Дніпро: НГУ, 2015. 300 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/152813/1/CD1004.pdf>
6. Capik M., Batmunkh B. Measurement, Prediction, and Modeling of Bit Wear During Drilling Operations // Journal of Mining and Environment. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 15–30. URL: [https://jme.shahroodut.ac.ir/article\\_1913\\_af1d0b1b8424c58e27fc223c9a6a0cbc.pdf](https://jme.shahroodut.ac.ir/article_1913_af1d0b1b8424c58e27fc223c9a6a0cbc.pdf)

7. Ataei M., Kakaie R., Ghavidel M., Saeidi O. Drilling rate prediction of an open pit mine using the rock mass drillability index // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. Vol. 73. P. 130–138. URL: [https://www.acapublishing.com/dosyalar/baski/BEN\\_2022\\_713.pdf](https://www.acapublishing.com/dosyalar/baski/BEN_2022_713.pdf)
8. Fugurlu O., Demirdag S. Drill Bit Monitoring and Replacement Optimization in Open-Pit Mines // *Madencilik - Mining*. 2021. Vol. 60, No. 2. P. 83–87. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1469105>
9. Thakur M., Choudhary B.S., Seervi V. An Investigation into the Effect of Rock Properties on Drill Bit Life // *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*. 2023. Vol. 105, No. 5. URL: [https://www.researchgate.net/publication/373727484\\_An\\_Investigation\\_into\\_the\\_Effect\\_of\\_Rock\\_Properties\\_on\\_Drill\\_Bit\\_Life](https://www.researchgate.net/publication/373727484_An_Investigation_into_the_Effect_of_Rock_Properties_on_Drill_Bit_Life)
10. Karpuz C. Optimization of drill bit replacement time in open-cast coal mines // *International Journal of Coal Science & Technology*. 2019. Vol. 6. P. 320–329. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40789-019-0254-5>
11. Ghasemi, E., Ataei, M., Khalokakaie, R., & Hoseinie, S. H. (2013). Application of rock mass rating system to performance prediction of drum shearer at longwall faces. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 60, 62–70. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1365160913001120>
12. Hustrulid, W., & Kutcha, M. (2013). *Open Pit Mine Planning and Design*. CRC Press. URL: <https://www.routledge.com/Open-Pit-Mine-Planning-and-Design-Two-Volume-Set-CD-ROM-Pack-Third-Edition/Hustrulid-Kuchta/p/book/9781466575127>
13. Jimeno, C. L., Jimeno, E. L., & Carcedo, F. J. A. (1995). *Drilling and Blasting of Rocks*. A. A. Balkema. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780203747119/drilling-blasting-rocks-carlos-lopez-jimeno-eloi-lopez-jimeno-francisco-javier-ayala-carcedo>

14. Kahraman, S., & Altindag, R. (2004). A brittleness index to estimate fracture toughness. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41(2), 343–348. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1365160903001250>
15. Karpuz, C., & Paşamehmetoğlu, A. G. (1997). Field and laboratory studies on the performance of drag bits used in coal measure rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(3-4), 596. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1365160997001080>
16. Liu, H., & Huang, S. (2013). Study on the wear of the PDC bit in deep drilling. *Advanced Materials Research*, 616-618, 2123–2126. URL: <https://www.scientific.net/AMR.616-618.2123>
17. Meng, Q., & Yin, X. (2016). Research on the wear mechanism of PDC bits in deep and ultra-deep wells. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 33, 1344–1353. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187551001630234X>
18. Rostami, J. (2016). Performance prediction of hard rock Tunnel Boring Machines (TBMs) in difficult ground. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 57, 173–182. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779816300030>
19. Thuro, K., & Spaun, G. (1996). Introducing the hardness drilling index (HDI) for the prediction of drillability. *Proceedings of the Eurock '96 Symposium*, 215–222. URL: [https://www.researchgate.net/publication/285711368\\_Introducing\\_the\\_hardness\\_drilling\\_index\\_HDI\\_for\\_the\\_prediction\\_of\\_drillability](https://www.researchgate.net/publication/285711368_Introducing_the_hardness_drilling_index_HDI_for_the_prediction_of_drillability)
20. Yilmaz, N. G., & Yuksek, G. (2008). The drillability assessment of rocks using the different brittleness values. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 23(3), 323–330. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779807000930>

21. Блізнюков В.Г. Гірнична справа / В.Г. Блізнюков, С.О. Луценко, А.М. Пижик – 3-е вид., перероб. і доп. – Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О. – 2014. – 424 с., з іл.

22. Собко Б.Ю. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин. Системи відкритої розробки родовищ / Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков ; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – Д. : НГУ, 2020. – 239 с.

23. Швець Є.М. Оптимізація вибухового подрібнення скельних порід на залізорудних кар'єрах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.03 „Відкрита розробка родовищ корисних копалин” / Є. М. Швець. – Кривий Ріг, 2013. – 23 с.

24. Собко Б.Ю. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин. Розкриття родовищ / Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков // Дніпро: Літограф. – 2017. – 205 с.

25. Charles Noren. Blasting experiments in granite rock. Quarterly of Colorado. School of Mines. Vol. 51, № 3, 1956, P. - 215.

26. Kumaо Hino. Effect of discontinuity of rock on fragmentation. Journal of the industrial explosives society, Japan. Vol. 18, № 4, 1957. P. - 229. Paterson M., Experimental Rock Deformation. - Spring, New York, 1978. – P. 255.

27. Stepanov O.F., N.N.Peschanskaya, V.V. Shepeizman and G.A.Nikonov. Longevity of solids at complex loading. // Int. J.of Fracture - 1975. P. - 803-815.

28. Esen, S. Modeling the size of the crushed zone around a blasthole / S. Esen, I. Onederra, H.A. Bilgin // Int. J. Rock Mechs Min. Scis. – 2003. – V.40. – Pp. 485–495.

29. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 1. Гірничі роботи. Ліквідація гірничодобувних підприємств.

Техніко-економічна оцінка і показники./«Мінерал». – Кривий Ріг, 2007. – 279 с.

30. Типовий проект ведення буровибухових робіт на Індулецькому кар'єрі. м. Кривий Ріг, 2024р. 127с