

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА»»
Кафедра гірничої справи

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до міждисциплінарного курсового проєкту за освітньо професійною
програмою «Відкрита розробка родовищ» на тему
**«Аналіз та оптимізація параметрів бурових робіт при відкритій розробці
залізорудних родовищ»**

ВИКОНАВ: студент гр. Пугач М.М.

КЕРІВНИК: к.т.н., доц. Сахно С.В.

Оцінка за національною шкалою

Кількість балів: _____ Оцінка ECTS

Запоріжжя 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
ЗДОБУВАЧА БАКАЛАВРСЬКОГО РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ
за освітньою програмою «Відкрита розробка родовищ»

Пугач Миколай Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Аналіз та оптимізація параметрів бурових робіт при відкритій розробці залізорудних родовищ
2. Строк здачі завершеного проекту Січень 2025 р. _____
3. Вихідні дані курсового проекту Робота була виконана на основі 29 джерел, включаючи монографії з географії мінеральних ресурсів України, гірничу енциклопедію, праці про металеві корисні копалини, технічні характеристики обладнання різних виробників, спеціалізовані портали про спецтехніку, нормативні документи та закони України про охорону праці та промислову безпеку, а також зарубіжні технічні специфікації обладнання.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вивчення геологічної будови та морфологічних особливостей рудних тіл; Оцінка фізико-механічних властивостей руди та розкритих порід; Аналіз гірничо-технологічної інформації кар'єру; Визначення параметрів системи розробки; Розробка альтернативної технології робіт; Аналіз проблемних ділянок поточної технології; Розробка заходів щодо підвищення безпеки виробництва; Обґрунтування вимог до організації безпечного ведення робіт.
5. _____ П
ерелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) рисунків 0, таблиць 2 _____
6. Дата видачі завдання Жовтень 2024 р. _____

ЗМІСТ

Реферат	4
Вступ	5
Розділ 1. Аналіз гірничо-геологічних умов родовища	7
Розділ 2. Аналіз гірничо-технологічної інформації кар'єру	10
Розділ 3. Розробка альтернативної технології робіт і її порівняння з поточною технологією	17
Розділ 4. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виконанні технологічних процесів	28
Висновок	36
Список використаних джерел	38

РЕФЕРАТ

	Загальна кількість в роботі:
Сторінок , 2	рисунків , 0 використаних джерел . 31
Об'єкт дослідження:	відкрите залізорудне родовище.
Предмет дослідження:	бурові роботи, вибухові роботи, гірництво, гірничі роботи.
Мета дослідження:	аналіз гірничо-геологічних умов родовища з подальшим виявленням "вузьких місць" у поточних технологічних процесах та розробка та обґрунтування альтернативних технологічних рішень для підвищення ефективності розробки родовища.
Методи дослідження:	аналітичний метод; порівняльний метод; математичне моделювання, метод спостереження, порівняння, метод синтезу, метод узагальнення та систематизації.
Задачі дослідження	розробити альтернативні технологічні рішення для підвищення ефективності розробки родовища.
Результати досліджень та їх новизна	в результаті дослідження було виявлено "вузькі місця" у поточних технологічних процесах розробки залізорудного родовища, особливо в бурових та вибухових роботах, що дозволило розробити альтернативні технологічні рішення з використанням сучасного автоматизованого обладнання. Новизна полягає в запропонованому комплексному підході до модернізації бурових установок та оптимізації параметрів вибухових робіт, що забезпечує підвищення продуктивності при одночасному зниженні експлуатаційних витрат та покращення умов праці, що підтверджується порівняльним аналізом техніко-економічних показників існуючого та запропонованого обладнання.
Ключові слова:	РОДОВИЩЕ, КАР'ЄР, СВЕРДЛОВИНИ, БУР, БУРОВЕ ОБЛАДНАННЯ, ВИБУХІВКА, ОХОРОНА ПРАЦІ

ВСТУП

Сучасний етап розвитку гірничодобувної промисловості характеризується зростанням попиту на корисні копалини, зокрема на залізну руду, що є ключовою сировиною для металургійного виробництва. В умовах глобалізації економіки та посилення конкуренції на ринку корисних копалин, ефективність розробки родовищ стає одним із головних чинників, що визначають конкурентоспроможність підприємств. Відкриті залізородні родовища, які є основним джерелом видобутку залізної руди, потребують постійного вдосконалення технологічних процесів для забезпечення стабільного та економічно вигідного видобутку.

Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності розробки залізородних родовищ, зокрема шляхом виявлення та усунення "вузьких місць" у поточних технологічних процесах. На сьогоднішній день багато підприємств стикаються з низькою продуктивністю, високою собівартістю видобутку та негативним впливом на навколишнє середовище. Ці проблеми потребують комплексного підходу, що включає аналіз гірничо-геологічних умов родовища, оцінку існуючих технологій та розробку альтернативних рішень, спрямованих на оптимізацію виробничих процесів.

Метою даного дослідження є аналіз гірничо-геологічних умов родовища, виявлення основних проблем у технологічних процесах та розробка альтернативних технологічних рішень, які дозволять підвищити ефективність розробки родовища. Для досягнення цієї мети використовуються такі методи дослідження, як аналітичний, порівняльний, математичне моделювання, спостереження, синтез, узагальнення та систематизація.

Актуальність теми підкреслюється також обмеженістю природних ресурсів та необхідністю їх раціонального використання. Впровадження сучасних технологій дозволить не лише підвищити економічну ефективність видобутку, але й зменшити екологічний вплив на навколишнє середовище,

що є важливим аспектом у контексті сталого розвитку. Таким чином, дане дослідження має важливе значення для подальшого розвитку гірничодобувної галузі та забезпечення її конкурентоспроможності на світовому ринку.

Розділ 1. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ РОДОВИЩА

Умовне залізорудне родовище розташоване в межах Українського кристалічного масиву та характеризується складною геологічною будовою.

Геологічна будова. Родовище складається з багатих залізних руд, що містять 60-66% заліза. Рудні тіла мають пластову та лінзоподібну форму, простягаються на значні глибини та мають потужність до 100 метрів. Основні рудні мінерали включають магнетит та гематит.

Тектоніка. Родовище знаходиться в зоні інтенсивної тектонічної активності, що обумовлює наявність численних розломів та складок. Тектонічні рухи призвели до формування складної структури рудних тіл, що потребує ретельного планування гірничих робіт.

Гідрогеологічні умови. Гідрогеологічні умови родовища складні, з наявністю підземних вод, що вимагає спеціальних заходів для їх відкачування та захисту гірничих виробок.

Родовище характеризується такими морфологічними особливостями рудних тіл:

1. Форма рудних тіл: Рудні тіла мають пластову та лінзоподібну форму. Вони простягаються на значні глибини і можуть досягати потужності до 100 метрів.
2. Розміри та орієнтація: Рудні тіла простягаються у північно-східному напрямку, кути падіння рудних тіл варіюються від 50° до 70°.
3. Структура та текстура: Руди мають масивну текстуру з рівномірним розподілом залізних мінералів, таких як магнетит та гематит.
4. Контакти рудних тіл з породами, що вміщують, чіткі та різкі, що полегшує їх виділення та видобуток.

Середня потужність рудного тіла родовища становить до 60 метрів. Це значення може змінюватись в залежності від конкретної ділянки родовища та глибини залягання руди.

Міцність руди та розкривних порід: Залізні руди родовища мають високу міцність на стиск, що вимагає застосування потужного буропідривного обладнання. Розкривні породи також мають високу міцність, що впливає на вибір методів їх розробки.

Питома вага: Питома вага руди становить близько 4.7 г/см^3 .

$$p = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

де: p - питома вага, m - вага, V - об'єм.

$$P = 4700/1000 = 4.7 \text{ г/см}^3$$

Питома вага розкривних порід варіюється, але в середньому становить близько 2.7 г/см^3 .

$$P = 2700/1000 = 2.7 \text{ г/см}^3$$

Коефіцієнт розпушення: Коефіцієнт розпушування руди становить близько 1.3-1.5. Коефіцієнт розпушування розкривних порід також становить близько 1.3-1.5.

До інших фізико-механічних властивостей, відносять:

1. Тріщинуватість. Тріщинуватість гірських порід родовища варіюється в залежності від глибини та типу породи. Розкривні породи та руди характеризуються різним ступенем тріщинуватості, що впливає на методи їх видобутку та переробки.

2. Швидкість поширення поздовжніх хвиль. Швидкість поширення поздовжніх хвиль у гірських породах родовища залежить від їхньої щільності та тріщинуватості. Збільшення тріщинної пористості знижує швидкість поширення поздовжніх хвиль. За значення взято середню швидкість поздовжніх хвиль у залізних рудах, яка становить близько $5-6 \text{ км/с}$ [2].

3. Модуль пружності. Модуль пружності гірських порід родовища, визначає їх деформованість при додатку навантаження. Для металевих руд модуль пружності становить приблизно $70-100 \text{ ГПа}$ [2].

4. Коефіцієнт Пуассона. Коефіцієнт Пуассона для гірських порід родовища варіюється в межах $0.25-0.305$. Коефіцієнт характеризує

відношення поперечної деформації до поздовжньої при розтягуванні чи стисканні породи [2].

5. Водопроникність. Водопроникність гірських порід родовища залежить від їхньої тріщинуватості та пористості. Розкривні породи мають більш високу водопроникність порівняно із залізними рудами, що вимагає спеціальних заходів для відкачування підземних вод та захисту гірничих виробок .

Якісні та технологічні властивості корисних копалин родовища:

- Вміст заліза: Залізні руди родовища містять 60-66% заліза, що робить їх високоякісною сировиною для металургійної промисловості.

- Низький вміст шкідливих домішок: Руди відрізняються низьким вмістом шкідливих домішок, таких як сірка та фосфор, що покращує їх технологічні властивості [3].

- Технологічна придатність: Високий вміст заліза та низький вміст домішок роблять руди придатними для прямого використання в доменному виробництві без необхідності складного збагачення.

- Мінеральний склад: Основні рудні мінерали включають магнетит і гематит, що забезпечує високий рівень вилучення заліза при переробці.

- Фізико-механічні властивості: Руди мають високу міцність на стиск і низьку тріщинуватість, що вимагає застосування потужного буропідривного обладнання [3].

Отже, родовище характеризується високим вмістом заліза (60-66%), низьким вмістом шкідливих домішок, складною геологічною будовою з пластовими та лінзоподібними рудними тілами, складними гідрогеологічними умовами, високою міцністю руди та розкривних порід, а також різноманітними фізико-механічними властивостями. та перспективним об'єктом для подальшої розробки та експлуатації.

Розділ 2. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ КАР'ЄРУ

Для розрахунку річної виробничої потужності кар'єру по породах, що розкриваються, і гірській масі в цілому можна використовувати таку формулу:

$$P = Z \times K_p \times I_g \times E_f, \quad (2.1)$$

де: (P) - річна виробнича потужність кар'єру (у тоннах), (Z) - запаси породи або гірської маси (у тоннах), (K_p) - проектна потужність (частка від максимальної потужності), (I_g) - інтенсивність гірничих робіт (множник), (E_f) - економічні фактори (частка ефективності).

Для руди: Запаси 800000 тонн; Проектна потужність 75% від максимальної; Інтенсивність гірських робіт 115% від базової; Економічні фактори 88% ефективності.

$$P = 800000 * 0.75 * 1.15 * 0.85 = 607200 \text{ тонн}$$

Річна виробнича потужність руди становить 607,200 тонн.

Для розкривних порід: Запаси 500,000 тонн; Проектна потужність 75% від максимальної; Інтенсивність гірничих робіт 115% від базової; Економічні фактори 88% ефективності.

$$P = 500000 * 0.75 * 1.15 * 0.85 = 379500 \text{ тонн}$$

Річна виробнича потужність для порід, що розкриваються, становить 379500 тонн.

Для гірської маси в цілому: Запаси 1,300,000 тонн (сума запасів порід, що розкриваються, і руди) Проектна потужність 75% від максимальної Інтенсивність гірничих робіт 115% від базової Економічні фактори 88% ефективності.

$$P = 1300000 * 0.75 * 1.15 * 0.85 = 986700 \text{ тонн}$$

Річна виробнича потужність для гірничої маси загалом становить 986700 тонн.

Місячна виробнича потужність:

$$P_{\text{місячна}} = \frac{P_{\text{річна}}}{12}, \quad (2.2)$$

Для руди:

$$P_{\text{місячна}} = 607200/12 = 50600 \text{ тонн}$$

Для розкривних порід:

$$P_{\text{місячна}} = 379500/12 = 31625 \text{ тонн}$$

Для гірської маси в цілому:

$$P_{\text{місячна}} = 986700/12 = 82225 \text{ тонн}$$

Добова виробнича потужність:

$$P_{\text{добова}} = \frac{P_{\text{річна}}}{365}, \quad (2.3)$$

Для руди:

$$P_{\text{добова}} = 607200/365 = 1663.56 \text{ тонн}$$

Для розкривних порід:

$$P_{\text{добова}} = 379500/365 = 1039.73 \text{ тонн}$$

Для гірської маси в цілому:

$$P_{\text{добова}} = 986700/365 = 2703.29 \text{ тонн}$$

Змінна виробнича потужність (за умови, що змін на добу $n=3$):

$$P_{\text{змінна}} = \frac{P_{\text{добова}}}{n}, \quad (2.4)$$

Для руди:

$$P_{\text{добова}} = 1663.56/3 = 554.52 \text{ тонн}$$

Для розкривних порід:

$$P_{\text{добова}} = 1039.73/3 = 356.48 \text{ тонн}$$

Для гірської маси в цілому:

$$P_{\text{добова}} = 2703.29/3 = 901.10 \text{ тонн}$$

Для кар'єру з річною виробничою потужністю 986,700 тонн загалом, використовують схему розкриття за використанням кар'єрних виробок для видалення покривельних порід і доступу до руди та застосування горизонтальних і похилих виробок для транспортування матеріалів.

Порядок відпрацювання родовища: Розподіл родовища поверхи висотою 10-20 метрів. Поділ кожного поверху на панелі завширшки 50-100 метрів. Послідовне відпрацювання блоків усередині панелей з використанням екскаваторів та самоскидів.

Основні параметри елементів систем:

Висота виступів:

$$H_u = \frac{H_r}{n}, \quad (2.5)$$

Де: H_u - висота виступу, м; H_r - потужність рудного тіла; n - кількість виступів ($n=6$).

$$H_u = 60/6 = 10 \text{ м.}$$

Довжина фронту робіт:

$$L_f = \frac{P}{Q}, \quad (2.6)$$

Де: L_f - довжина фронту робіт; P - виробнича потужність кар'єру; Q - продуктивність екскаватору ($Q=2000$ тонн/день).

$$L_f = 986700/2000 = 493.35$$

Ширина робочих майданчиків:

$$W_p = \frac{L_f}{k}, \quad (2.7)$$

Де: W_p - ширина робочого майданчика; L_f - довжина фронту робіт; k - коефіцієнт, що залежить від типу техніки та умов розробки ($k = 20$).

$$W_p = 493.35/20 = 25 \text{ м}$$

Швидкість руху фронту робіт:

$$V_f = \frac{L_f}{T}, \quad (2.8)$$

Де: V_f - швидкість руху фронту робіт; L_f - довжина фронту робіт; T - час розробки ($T = 10$ років).

$$V_f = 493.35/10 = 49.35 \text{ м/год}$$

Довжина панелей:

$$L_p = \frac{L_f}{n_p}, \quad (2.9)$$

Де: L_p - довжина панелей; L_f - довжина фронту робіт; n_p - кількість панелей ($n_p = 5$).

$$L_p = 493.35/5 = 98.67 \text{ м}$$

Ширина панелей:

$$W_{pa} = \frac{L_p}{S_p}, \quad (2.10)$$

Де: W_{pa} - ширина панелі; L_f - довжина панелі; S_p - площа панелі ($S_p = 4800 \text{ м}^2$).

$$W_p = 4800/98.67 = 48,64 \text{ м}$$

Розмір заходки: 30 м

Об'єм гірничої маси:

$$V = L_f * W_p * H_u, \quad (2.11)$$

де: V - обсяг гірничої маси, м³; L_f - Довжина фронту робіт, м; W_p - ширина фронту робіт, м; H_u - висота уступу, м.

$$V = 493.35 * 25 * 10 = 123337.5 \text{ м}^3$$

Глибина свердловини:

$$H_{\text{свер}} = H_u + \Delta h, \quad (2.12)$$

де: $H_{\text{свер}}$ - глибина свердловини, м; H_u - висота уступу, м; Δh - перебув (зазвичай 1-3 м, взято за значення 2).

$$H_{\text{свер}} = 10 + 2 = 12 \text{ м}$$

Відстань між свердловинами:

$$a = k_a * D, \quad (2.13)$$

де: a - відстань між свердловинами; k_a - коефіцієнт (зазвичай 15-30, взято за значення 20); D - діаметр свердловини, м.

$$a = 20 * 0.25 = 5 \text{ м}$$

Кількість свердловин:

$$N = \frac{L_f}{a}, \quad (2.14)$$

де: N - кількість свердловин; L_f - Довжина фронту робіт, м; a - відстань між свердловинами, м.

$$N = 493.35/5 = 98.67 \approx 99 \text{ скважин}$$

Продуктивність бурових верстатів:

$$Pr = \frac{H_{\text{свер}} * N}{T}, \quad (2.15)$$

де: Pr - продуктивність бурових верстатів; $H_{\text{свер}}$ - глибина свердловини, м;
 N - кількість свердловин; T - тривалість зміни (взято за значення 8 годин).

$$Pr = (12 \cdot 99) / 8 = 148,5 \text{ м/зміну.}$$

Об'єм гірничої маси (з урахуванням коефіцієнту розпушення):

$$Vq = \frac{q}{\Pi \cdot K_{pz}}. \quad (2.16)$$

де: Vq - об'єм гірничої маси; q - питома вага, (986700 т); Π - щільність породи (4,7 т/м³); K_{pz} - коефіцієнт розпушення (1,4).

$$Vq = 986700 / (4,7 \cdot 1,4) = 293936 \text{ м}^3$$

Родовище має різноманітні умови (м'які та тверді породи, різні висоти уступів), використовується комбінована робоча схема за використанням драглайну (ЕШ-10/70) та екскаваторів (ЕКГ-10). Такий підхід дозволяє оптимізувати витрати, підвищити продуктивність та забезпечити гнучкість в організації робіт.

За умов комбінованої схеми видобування використовується техніка основного порядку та допоміжна.

Основна техніка:

Драглайн:

ЕШ-10/70 (Радянський/Український драглайн), Кількість - 1

Технічні характеристики: Місткість ковша: 10 м³. Радіус черпання: 70м.
 Глибина черпання: 50 м. Потужність двигуна: 1000 кВт. Маса: 650 тонн [4].

Використання: Застосовується на ділянках з м'якими породами, де не потрібне попереднє буріння та вибухові роботи. Ефективний для розкривних робіт на великих площах завдяки радіусу черпання. Може працювати на виступах заввишки до 10 м, але найефективніший при більшій висоті (15-20 м).

Екскаватори: ЕКГ-10 (Радянський/Український екскаватор). Кількість 3 (2 в роботі, 1 резерв)

Технічні характеристики: Місткість ковша: 10 м³. Висота черпання: 18м.
 Глибина черпання: 12 метрів. Потужність двигуна: 1200 кВт. Маса: 450 тонн [5].

Використання: Застосовується для видобутку руди та розкривних робіт на ділянках із твердими породами. Ефективний на виступах заввишки 10 м. Вимагає попереднього буріння та вибухових робіт для дроблення породи.

Бурові верстати: СБШ-250МН (Радянський/Український буровий верстат). Кількість 4 (3 в роботі, 1 в резерві).

Технічні характеристики: Діаметр свердловин: 250 мм. Глибина буріння: 30 м. Продуктивність: до 30 м/зміну. Потужність двигуна: 200 кВт. Маса: 45 тонн [6].

Використання: Застосовується для буріння свердловин на ділянках із твердими породами. Готує свердловини для підривних робіт. Працює у три зміни для забезпечення безперервності процесу.

Самоскиди: БелАЗ-75131 (Білорусь). Кількість 10 (7 в роботі, 3 в резерві).

Технічні характеристики: Вантажопідйомність: 130 тонн. Об'єм кузова: 65 м³. Потужність двигуна: 1700 к.с. Максимальна швидкість: 60 км/год. Маса: 110 тонн [7].

Використання: Застосовується для транспортування руди та розкривних порід на збагачувальну фабрику або відвали. Працює у три зміни для забезпечення безперервності процесу. Ефективний на великих відстанях завдяки високій вантажопідйомності.

Бульдозери: Амкодор 342В (Білорусь). Кількість 4 (в роботі 3, 1 в резерві).

Технічні характеристики: Потужність двигуна: 354 к.с. Тягове зусилля: до 30 тонн. Ширина відвалу: 4,5м. Маса: 35 тонн [8].

Використання: Застосовується для планування робочих майданчиків та переміщення розкривних порід. Працює у три зміни для підтримки інфраструктури кар'єру. Ефективний на ділянках з м'якими та пухкими породами.

Навантажувачі: Амкодор 332В (Білорусь). Кількість 3 (2 в роботі, 1 в резерві).

Технічні характеристики: Місткість ковша: 4 м³. Потужність двигуна: 250 к.с. Вантажопідйомність: 7 тонн. Маса: 20 тонн [9].

Використання: Застосовується для завантаження руди в самоскиди. Працює у три зміни для забезпечення безперервності процесу. Ефективний на ділянках із невеликими обсягами робіт.

Вибухове обладнання. Модель: Заряди ВР (аммоніт або ігданіт).

Технічні характеристики: Тип ВР: амоніт або ігданіт. Енергія вибуху: до 4 МДж/кг [10].

Використання: Застосовується для подрібнення твердих порід перед видобутком. Використовується на ділянках із твердими породами, де потрібне попереднє буріння.

Схема механізації забезпечує виконання виробничих планів, мінімізує простої та підвищує гнучкість управління процесами.

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

Виходячи з проведеного аналізу гірничо-технологічної інформації, можна зробити висновок, що найбільшу потребу в підвищенні ефективності пострібують бурові роботи (застаріле обладнання) та вибухові роботи (застарілі методи).

3.1 Технологічний процес: Бурові роботи

Бурові роботи є одним із ключових етапів підготовки гірничої маси до виймання. Ефективність бурових робіт, безпосередньо, впливає на продуктивність кар'єру, оскільки від якості буріння та підготовки свердловин залежать наступні процеси: вибухові роботи, виїмка та транспортування гірничої маси. У поточних умовах використовуються бурові верстати СБШ-250МН, які мають ряд обмежень, що знижують загальну ефективність робіт.

3.1.1 Аналіз поточної технології

Поточне обладнання: Бурові верстати СБШ-250МН, шарошковий верстат для буріння вертикальних та похилих свердловин, виготовлений в СРСР, призначений для буріння вибухових свердловин на відкритих гірничих роботах.

Технічні характеристики: Діаметр свердловин: 214-269 мм (можливе встановлення долот інших діаметрів). Глибина буріння до 32 м. Кут буріння: 60-90 градусів до горизонту. Швидкість буріння: до 25 м/год (залежно породи). Осьове зусилля подачі: 250 кН. Крутний момент: 35 кН·м. Частота обертання бурового ставу: 60-120 об/хв. Двигун: Електричний, потужністю 160 квт. Хід подачі: 9м. Маса верстата: 45 тонн. Габарити (Д×Ш×В): 12,5×3,8×12 м [6].

Особливості: Можливість роботи у складних гірничо-геологічних умовах. Надійна конструкція адаптована для суворого клімату. Механізована установка та зняття бурових штанг.

3.1.2 Пропозиції щодо покращення

Для підвищення ефективності бурових робіт пропонується розглянути три альтернативні варіанти:

- модернізація існуючих верстатів (збільшення потужності двигуна та глибини буріння);
- використання верстатів із гідравлічним приводом (наприклад, Sandvik D245S);
- застосування технології автоматизованого буріння (наприклад, Atlas Copco Pit Viper 271).

3.1.3 Альтернативні варіанти

Варіант 1: Модернізація СБШ-250МН

Технічні характеристики: Діаметр буріння: 214–269 мм (можливе встановлення долот інших діаметрів). Глибина буріння: до 42,5 м. Кут буріння: 60-90 градусів до горизонту. Швидкість буріння: до 33 м/год. Осьове зусилля подачі: 332,5 кН. Крутний момент: 46,55 кН·м (збільшення на 33% від 35 кН·м). Частота обертання бурового ставу: 60-120 об/хв. Двигун: Електричний, потужністю 213 квт. Хід подачі: 12 м. Маса верстата: 52 тонн (збільшення за рахунок модернізації). Габарити (Д×Ш×В): 12,5×3,8×12 м (можливі незначні зміни).

Варіант 2: Верстат із гідравлічним приводом (Sandvik D245S) самохідний буровий верстат для буріння вибухових свердловин, вироблени в Швеції, призначений для буріння на відкритих гірничих роботах у складних умовах.

Технічні характеристики: Діаметр буріння: 127-270 мм. Глибина буріння: до 68 м. Кут буріння: 0-90 градусів до горизонту. Швидкість буріння: до 40 м/год (залежно породи). Осьове зусилля подачі: 250 кН. Крутний момент: 35 кН·м. Частота обертання бурового ставу: 0-120 об/хв. Двигун: Дизельний потужністю 783 кВт (Cummins QSK23). Хід подачі: 10,7м. Маса верстата: 76 тонн. Габарити (Д×Ш×В): 13,5×4,5×5,5 м. Витрати палива 50 л/год [11].

Особливості: Висока мобільність та прохідність завдяки гусеничному ходу. Автоматизована система керування буровим процесом. Ергономічна кабіна оператора із захистом від вібрацій та шуму. Можливість встановлення додаткового обладнання для пилоподавлення.

Варіант 3: Автоматизований верстат (Atlas Copco Pit Viper 271) самохідний буровий верстат для буріння вибухових свердловин, вироблений в Швеції, призначений для буріння на великих кар'єрах та відкритих гірничих роботах.

Технічні характеристики: Діаметр буріння: 127-270 мм. Глибина буріння: до 76 м. Кут буріння: 0-90 градусів до горизонту. Швидкість буріння: до 50 м/год (залежно породи). Осьове зусилля подачі: 294 кН. Крутний момент: 40 кН·м. Частота обертання бурового ставу: 0-120 об/хв. Двигун: Дизельний потужністю 783 кВт (Cummins QSK23). Хід подачі: 11,6м. Маса верстата: 78 тонн. Габарити (Д×Ш×В): 14,2×4,5×5,8 м. Витрати палива 50 л/год [12].

Особливості: Висока продуктивність та надійність. Автоматизована система керування, включаючи автоматичну зміну штанг. Покращена система пилоподавлення та очищення свердловин. Ергономічна кабіна з клімат-контролем та системами безпеки.

3.1.4 Економічний та гірничо-технологічний аналіз техніки

1. Розрахунок продуктивності: Діаметр буріння 250мм; Висота виступів 10м; Багаті залізні руди (магнетит та гематит) тверді та абразивні породи; Режим роботи - 3 зміни по 8 годин, без вихідних.

Урахування перебування (P): Перебур - це додаткова глибина буріння, необхідна для забезпечення повного руйнування породи та запобігання утворенню "порогів". Зазвичай перебур становить 10-30% від висоти уступу. Формула для розрахунку перебування:

$$P = k * H_u, \quad (3.1)$$

P - перебування, м; H_u - висота виступу, м; k - коефіцієнт перебування (зазвичай 0,1-0,3).

$$P=10*0.2=2 \text{ метра}$$

Розрахунок глибини буріння, м. Глибина буріння складається з висоти уступу та перебування:

$$D = H_u + P, \quad (3.2)$$

де: D - Глибина буріння, м; H_u - висота виступу, м; P - перебування, м.

$$D=10+2= 12 \text{ метрів}$$

Розрахунок кута буріння: Кут буріння свердловини (θ) розраховується так, щоб свердловина перетинала рудне тіло під кутом, близьким до 90 градусів.

$$\theta = 90^\circ - \alpha, \quad (3.3)$$

де: θ - кута буріння; α - кут падіння рудного тіла (50-70°).

$$\theta=90^\circ-60^\circ=30^\circ$$

Облік кута нахилу свердловини: Якщо свердловина бурить під кутом, необхідно розрахувати довжину стовбура свердловини (d) за формулою:

$$d = \frac{D}{\cos(\theta)}, \quad (3.4)$$

де: d - довжина стовбура свердловини, м; D - Глибина буріння, м; θ - кута буріння.

$$d=12/\cos(30^\circ) \approx 12/0.866 \approx 13,86 \text{ метрів}$$

СБШ-250МН: Швидкість буріння 25 м/год (для твердих порід); k -

Час на буріння одної свердловини:

$$t = \frac{Г_B}{V_B}, \quad (3.5)$$

де: t - час на буріння одної свердловини, год; V_B - швидкість буріння, м/год; $Г_B$ - глибина буріння, м.

$$t=13,86/25 \approx 0,554 \text{ години}$$

Кількість свердловин за зміну:

$$N_{\text{змін}} = \frac{t_N}{t}, \quad (3.6)$$

де: $N_{\text{змін}}$ - кількість свердловин за змін, сверд/змін; t - час на буріння одної свердловини, год; t_n - тривалість зміни (8 годин).

$$N_{\text{змін}}=8/0,554 \approx 14,44 \text{ сверд/змін}$$

Місячна продуктивність:

$$N_{\text{міс}} = N_{\text{змін}} * s * n, \quad (3.7)$$

де: $N_{\text{міс}}$ - місячна продуктивність, сверд/міс; s - кількість змін в день (3 зміни); n - кількість робочих днів в місяці (30 днів).

$$N_{\text{міс}} = 14,44 * 3 * 30 \approx 1299,6 \text{ сверд/місяць}$$

Продуктивність, м/місяць:

$$M_{\text{міс}} = N_{\text{міс}} * \Gamma_{\text{Б}}, \quad (3.8)$$

де: $M_{\text{міс}}$ - продуктивність, м/місяць; $N_{\text{міс}}$ - місячна продуктивність, сверд/міс; $\Gamma_{\text{Б}}$ - глибина буріння, м.

$$M_{\text{міс}} = 1299,6 * 13,86 \approx 18012,5 \text{ м/місяць}$$

Питоме зусилля подачі на метр свердловини:

$$P_{\text{ОЗП}} = \frac{O_{\text{ЗП}}}{\Gamma_{\text{Б}}}, \quad (3.9)$$

де: $P_{\text{ОЗП}}$ - питоме зусилля подачі на метр свердловини, кН/м; $O_{\text{ЗП}}$ - осьове зусилля подачі; $\Gamma_{\text{Б}}$ - глибина буріння, м.

$$P_{\text{ОЗП}} = 250 / 13,86 \approx 18,03 \text{ кН/м}$$

Питомий крутний момент на метр свердловини:

$$P_{\text{КМ}} = \frac{K_{\text{М}}}{\Gamma_{\text{Б}}}, \quad (3.10)$$

де: $P_{\text{КМ}}$ - питомий крутний момент на метр свердловини; $K_{\text{М}}$ - крутний момент, кН·м; $\Gamma_{\text{Б}}$ - глибина буріння, м.

$$P_{\text{КМ}} = 35 / 13,86 \approx 2,53$$

Час виконання однієї операції буріння:

Включає час на буріння, зміну штанг та інші допоміжні операції. Для умови приймемо, що допоміжні операції займають 10% від часу буріння.

$$T = t + t_{10\%}, \quad (3.11)$$

де: T - час виконання однієї операції буріння, год.; t - час на буріння однієї свердловини, год.

$$T = 0,554 + 0,055 \approx 0,609 \text{ години}$$

Модернізація СБШ-250МН:

Час на буріння однієї свердловини: $t = 13,86 / 33 \approx 0,42$ години;

Кількість свердловин за зміну: $N_{\text{змін}} = 8 / 0,42 \approx 19,05$ сверд/зміна;

Місячна продуктивність: $N_{\text{міс}} = 19,05 * 3 * 30 \approx 1714,5$ сверд/місяць;

Продуктивність, м/місяць: $M_{\text{міс}} = 1714,5 * 13,86 \approx 23762,97$ м/місяць;

Питоме зусилля подачі на метр свердловини: $P_{\text{ОЗП}} = 332,5/13,86 \approx 23,99$ кН/м;

Питомий крутний момент на метр свердловини: $P_{\text{КМ}} = 46,55/13,86 \approx 3,36$;

Час виконання однієї операції буріння: $T = 0,42 + 0,042 = 0,462$ години.

Sandvik D245S:

Час на буріння однієї свердловини: $t = 13,86/40 \approx 0,35$ години;

Кількість свердловин за зміну: $N_{\text{змін}} = 8/0,35 \approx 22,9$ сверд/зміна;

Місячна продуктивність: $N_{\text{міс}} = 22,9 * 3 * 30 \approx 2061$ сверд/місяць;

Продуктивність, м/місяць: $M_{\text{міс}} = 2061 * 13,86 \approx 28565,5$ м/місяць;

Питоме зусилля подачі на метр свердловини: $P_{\text{ОЗП}} = 250/13,86 \approx 18,03$ кН/м;

Питомий крутний момент на метр свердловини: $P_{\text{КМ}} = 35/13,86 \approx 2,53$;

Час виконання однієї операції буріння: $T = 0,35 + 0,035 = 0,385$ години.

Atlas Copco Pit Viper 271:

Час на буріння однієї свердловини: $t = 13,86/50 = 0,28$ години;

Кількість свердловин за зміну: $N_{\text{змін}} = 8/0,28 \approx 28,6$ сверд/зміна;

Місячна продуктивність: $N_{\text{міс}} = 28,6 * 3 * 30 \approx 2574$ сверд/місяць;

Продуктивність, м/місяць: $M_{\text{міс}} = 2574 * 13,86 \approx 35675,6$ м/місяць;

Питоме зусилля подачі на метр свердловини: $P_{\text{ОЗП}} = 294/13,86 \approx 21,21$ кН/м;

Питомий крутний момент на метр свердловини: $P_{\text{КМ}} = 40/13,86 \approx 2,9$;

Час виконання однієї операції буріння: $T = 0,28 + 0,028 \approx 0,308$ години.

Таблиця 3.1 - Порівняння технічних параметрів поточної техніки з альтернативними варіантами

Параметр	СБШ-250МН (поточний)	Модернізація СБШ-250МН	Sandvik D245S	Atlas Copco Pit Viper 271
Час на буріння однієї свердловини, год.	0,554	0,42	0,35	0,28
Кількість свердловин за зміну, сверд/зміна	14,44	19,05	22,9	28,6
Місячна продуктивність, сверд/міс.	1299,6	1714,5	2061	2574
Продуктивність, м/міс.	18012,5	23762,97	28565,5	35675,6
Питоме зусилля подачі на метр свердловини, кН/м	18,03	23,99	18,03	21,21
Питомий крутний момент на метр свердловини	2,53	3,36	2,53	2,9
Час виконання однієї операції буріння, год	0,609	0,462	0,385	0,308

Складено та розраховано автором за джерелами [6,11,12]

2. Розрахунок економічних витрат.

Вихідні дані: Режим роботи: 3 зміни по 8 годин без вихідних (30 робочих днів на місяць). Загальний робочий час на місяць: $3 \times 8 \times 30 = 720$ годин/місяць $3 \times 8 \times 30 = 720$ годин/місяць.

Вартість палива та електроенергії: Дизельне паливо: 50 грн/літр.
Електроенергія: 8 грн/кВт·год.

Вартість матеріалів: Долото: 50 000 грн (середній термін служби - 5000 м буріння). Штанги: 10 000 грн (середній термін служби – 10 000 м буріння). Невраховане устаткування, 3,5%.

Амортизація обладнання: Термін служби верстата: 10 років (120 місяців).

Вартість верстатів: СБШ-250МН: 5000000 грн. СБШ-250МН модифікований: 6000000 грн. Sandvik D245S: Ціна: 25 000 000 грн. Atlas Copco Pit Viper 271: Вартість 30 000 000 грн.

Оплата праці: Оператор: 50 000 грн/місяць. Допоміжний персонал: 30 000 грн/місяць. Загальні витрати на оплату праці: $50000+30000 = 80000$ грн/місяць.

СБШ-250МН:

Витрати на електроенергію або паливо :

$$V_{ен} = E_c * t * Ц, \quad (3.12)$$

де: $V_{ен}$ - витрати на енергію або паливо при бурінні одной свердловини, грн; t - загальний робочий час на місяць, год/місяць; $Ц$ - ціна за електроенергію/ паливо, квт/ч. або грн/л.

$$V_{свер} = 160 * 720 * 8 = 921600 \text{ грн/місяць}$$

Матеріали:

$$\text{Кількість матеріалів} = \frac{M_{міс}}{\text{Термін служби матеріалів}}, \quad (3.13)$$

де: $M_{міс}$ - продуктивність, м/місяць.

Кількість долот: $18012,5/5000 \approx 3,6$ (4) од/міс.

Кількість штанг: $18012,5/10000 \approx 1,8$ (2) од/міс.

Грошові витрати на матеріали (G): $(4*50000+2*10000)+3,5\% = 227700$ грн/місяць

Амортизаційні витрати:

$$A = \frac{Ц_о}{T_{со}}, \quad (3.14)$$

де: A - вартість амортизації, грн; $Ц_о$ - ціна обладнання, грн; $T_{со}$ - термін служби обладнання, міс. ($10*12 = 120$).

$$A = 5000000/120 = 41667 \text{ грн/міс.}$$

Загальні грошові витрати на місяць:

$$V_{заг} = V_{ен} + G + A + W, \quad (3.15)$$

де: $V_{заг}$ - загальні грошові витрати на місяць, грн/місяць; G - грошові витрати на матеріали, грн/місяць; A - вартість амортизації, грн; W - оплата праці робітників, грн/місяць.

$$V_{заг} = 921600 + 227700 + 41667 + 80000 = 1270967 \text{ грн/місяць.}$$

Питома вартість, грн/м:

$$V_{БМ} = \frac{3V_{свер}}{M_{міс}}, \quad (3.16)$$

де: $V_{\text{БМ}}$ - питома вартість, грн/м; $V_{\text{заг}}$ - загальні грошові витрати на місяць, грн/місяць; $M_{\text{міс}}$ - продуктивність, м/місяць.

$$V_{\text{БМ}} = 1270967/18012,5 = 70,6 \text{ грн/м}$$

Модернізація СБШ-250МН:

Витрати на електроенергію: $V_{\text{ен}} = 213 * 720 * 8 = 1226880$ грн/місяць;

Матеріали:

- Кількість долот: $23762,97/5000 \approx 4,8$ (5) од/міс.

- Кількість штанг: $23762,97/10000 \approx 2,4$ (2) од/міс.

- Грошові витрати на матеріали (G): $(5 * 50000 + 2 * 10000) + 3,5\% = 279450$ грн/місяць

Амортизаційні витрати: $A = 6000000/120 = 50000$ грн/місяць

Загальні грошові витрати на місяць: $V_{\text{заг}} = 1226880 + 279450 + 50000 + 80000 = 1636330$ грн/міс

Питома вартість, грн/м: $V_{\text{БМ}} = 1636330/23762,97 = 68,9$ грн/м.

Sandvik D245S:

Витрати на паливо: $V_{\text{ен}} = 50 * 720 * 50 = 1800000$ грн/місяць;

Матеріали:

- Кількість долот: $28565,5/5000 \approx 5,7$ (6) од/міс.

- Кількість штанг: $28565,5/10000 \approx 2,9$ (3) од/міс.

- Грошові витрати на матеріали (G): $(6 * 50000 + 3 * 10000) + 3,5\% = 341550$ грн/місяць

Амортизаційні витрати: $A = 25000000/120 = 208333$ грн/місяць

Загальні грошові витрати на місяць: $V_{\text{заг}} = 1800000 + 341550 + 208333 + 80000 = 2429883$ грн/міс

Питома вартість, грн/м: $V_{\text{БМ}} = 2429883/28565,5 = 85,1$ грн/м.

Atlas Copco Pit Viper 271:

Витрати на паливо: $V_{\text{ен}} = 50 * 720 * 50 = 1800000$ грн/місяць;

Матеріали:

- Кількість долот: $35675,6/5000 \approx 7,1$ (7) од/міс.

- Кількість штанг: $35675,6/10000 \approx 3,6$ (4) од/міс.

- Грошові витрати на матеріали (G): $(7*50000+4*10000)+3,5\% = 403650$

грн/місяць

Амортизаційні витрати: $A = 30000000/120 = 250000$ грн/місяць

Загальні грошові витрати на місяць: $V_{\text{заг}} = 1800000 + 403650 + 250000 + 80000 = 2533650$ грн/міс

Питома вартість, грн/м: $V_{\text{БМ}} = 2533650/35675,6 = 71,1$ грн/м.

Таблиця 3.2 - Порівняння економічної ефективності поточної техніки з альтернативними варіантами

Параметр	СБШ-250МН	Модернізація СБШ-250МН	Sandvik D245S	Atlas Copco Pit Viper 271
Витрати на паливо, грн/міс	921600	1226880	1800000	1800000
Грошові витрати на матеріали, грн/міс	227700	279450	341550	250000
Амортизаційні витрати, грн/міс	41667	50000	208333	403650
Загальні грошові витрати на місяць, грн/міс	1270967	1636330	2429883	2533650
Питома вартість, грн/м	70,6	68,9	85,1	71,1

Складено та розраховано автором за джерелами [6,11,12]

СБШ-250МН, застаріла модель, залишається економічним варіантом, але з меншою продуктивністю, підходить для невеликих обсягів робіт або при обмеженому бюджеті. Модернізація СБШ-250МН, забезпечує гарний баланс між продуктивністю та витратами, є найбільш економічною. Sandvik D245S, показує високу продуктивність, але має дорогу найдорожчу експлуатацію. Atlas Copco Pit Viper 271, найкращий вибір для максимальної продуктивності, з дорогою експлуатацією, але через високу продуктивність є достатньо економічним, має оптимальний баланс між продуктивністю та економічністю.

Впровадження модернізації СБШ-250МН та закупка Atlas Copco Pit Viper 27 є найбільш оптимальною моделлю розвитку, забезпечуючи високу економічну ефективність за мінімальних витрат та надаючи високий рівень продуктивності.

Розділ 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Основні види травматизму при видобутку гірничих ресурсів відкритим способом: вплив машин та механізмів – 21,7% від загальної кількості травм; падіння предметів, техніки 11,5%; падіння потерпілого з висоти – 11%; обвали та обвалення порід – 11%; наземний транспорт – 107%. [13]. Питомий показник смертельного травматизму на мільйон тонн сировини в Україні становить приблизно 1,194 особи. Це вище, ніж у Китаї (0,25), Росії (0,14), ПАР (0,035), Австралії (0,03) та США (0,011) [13].

Аналізуючи інформацію про нещасні випадки та дані виробничого травматизму на підприємствах гірничодобувної галузі можна відзначити, більшість подій відбувається через наїзд технологічного великогабаритного транспорту спеціального призначення на легкові автомобілі та працівників кар'єрів. Більшість випадків відбувається через недостатню видимість або обмежений огляд простору водія великотонажної техніки. Водіям великовантажної техніки, навантажувачів, операторам різних механізмів на гірничих виробках доводиться працювати при обмеженій видимості, основна увага зосереджена на роботі. Тому поява людини в робочій зоні може залишитися непоміченою і, як наслідок, призвести до нещасних випадків. У зв'язку з цим низка вітчизняних та зарубіжних компаній спільно з науковцями працюють у напрямку розробки різних високотехнологічних систем, що запобігають зіткненню техніки та наїзду на працівників.

Основні причини аварій носять загальний характер і включають:

- відсутність технологічної дисципліни серед виконавців робіт;
- відсутність технічних засобів із забезпечення безпечних умов технологічних процесів;
- недостатню кваліфікацію управлінського персоналу низової ланки спеціалістів;

- невиконання вимог трудового законодавства та правил безпеки; незадовільну організацію виконання робіт, що призводить до порушення технології робіт;

- невиконання поряд гірничодобувних організацій у повному обсязі проектних рішень (відхилення від проектних рішень, як правило, не проходять експертизу промислової безпеки);

- недостатній обсяг наукового супроводу робіт у складних гірничогеологічних умовах, ослаблений геолого-маркшейдерський контроль за дотриманням якості ведення гірничих робіт;

- недостатню реалізацію існуючого науково-дослідного потенціалу щодо вдосконалення систем розробки родовищ корисних копалин, забезпечення протиаварійного захисту підприємств [14].

На більшій частині об'єктів ведення гірничих робіт поточні та перспективні завдання науково-дослідного супроводу відпрацювання родовищ тривалий час не вирішуються.

Якщо окремо виділити проблематику охорони праці та техніки безпеки бурових робіт. Основні проблеми:

1. Високий рівень травматизму та аварійності: Падіння, удари, затискання обладнання; Обвалення конструкцій чи породи; Аварії пов'язані з використанням важкої техніки.

2. Работа с опасными веществами: Контакт с химическими реагентами, нефтью, газом; Риск отравления, ожогов, взрывов и пожаров.

3. Неприятливі умови праці: Робота на відкритому повітрі у складних кліматичних умовах (високі чи низькі температури, вологість, вітер); Шум, вібрація, запиленість.

4. Людський фактор: Порушення правил техніки безпеки; Недостатня кваліфікація персоналу; Втома та переробки.

5. Технічні ризики: Несправність обладнання; Відсутність чи неефективність систем аварійної зупинки; Помилки під час проектування або монтажу бурових установок.

Екологічні ризики: Забруднення довкілля.

Охорона праці та техніка безпеки під час робіт з буровими установками в Україні регулюються низкою законодавчих актів та нормативних документів.

1. Законодавча база:

- Закон України "Про охорону праці" (№ 2694-ХІІ від 14.10.1992) - визначає основні положення щодо забезпечення безпечних умов праці, включаючи роботи з буровими установками. Він встановлює обов'язки роботодавця щодо створення безпечних умов праці, проведення інструктажів, надання засобів індивідуального захисту та інше [15].

- ДСТУ EN 791:2010 містить вимоги щодо безпеки бурових установок, які відповідають європейським стандартам. Цей документ регулює технічні вимоги до бурових установок, щоб забезпечити їх безпечну експлуатацію [16].

- Кодекс законів про працю України містить норми, що регулюють трудові відносини, включаючи питання охорони праці [17].

2. Вимоги до працівників:

- Працівники, які працюють з буровими установками, повинні пройти медичний огляд, навчання з охорони праці та отримати відповідні кваліфікаційні посвідчення. Також вони повинні мати групу допуску з електробезпеки та знати вимоги виробничих інструкцій [18,19].

- Перед допуском до роботи працівники проходять стажування та перевірку знань з охорони праці. Типовим положенням про навчання з питань охорони праці (затверджено наказом Держнаглядохоронпраці № 229 від 26.05.2005) [20].

- Вимоги до кваліфікації працівників встановлюються «Єдиним тарифно-кваліфікаційним довідником робіт і професій» [21].

3. Вимоги до території бурової площадки:

- Територія бурової площадки повинна бути огорожена, обладнана знаками безпеки та аптечкою першої допомоги. Також необхідно забезпечити наявність зв'язку, особливо в віддалених місцях. Огородження та

знаки безпеки: Вимоги до огороження та маркування небезпечних зон регулюються ДСТУ-Н В V.1.1-27:2010.[22].

- На території повинні бути встановлені щити з інформацією про відповідальних осіб та вимоги техніки безпеки [19].

4. Вимоги до бурової установки та обладнання:

- Бурова установка повинна мати два виходи, а всі обертові частини обладнання повинні бути захищені огорожами. На підйомному пристрої повинна бути інформаційна табличка з вказівкою номінальної вантажопідйомності. Вимоги до технічного стану обладнання регулюються «Правилами технічної експлуатації бурових установок» (затверджено наказом Міненерговугілля № 123 від 15.03.2010) [23].

- Бурова установка повинна бути обладнана двома кнопками аварійної зупинки: одна на пульті управління, а інша поза робочою зоною. Вимоги до аварійних систем регулюються ДСТУ EN 13852-1:2017. [24].

5. Заборонені дії під час робіт:

- Заборонено працювати без використання захисних пристроїв, виконувати ремонтні роботи під час подачі рідини в трубопроводи, а також експлуатувати обладнання з перевищенням нормативних навантажень. Заборона працювати без засобів індивідуального захисту встановлена Законом України "Про охорону праці" (стаття 16) [15].

- Також заборонено залишати обладнання без нагляду та виконувати роботи на висоті без належного навчання та засобів захисту. Заборона виконувати ремонтні роботи під навантаженням регулюється Правилами технічної експлуатації бурових установок. [23].

6. Додаткові заходи безпеки:

- На території бурової площадки повинні бути організовані санітарно-побутові умови, включаючи туалети та місця для миття рук. Також необхідно забезпечити наявність аварійного комплекту для ліквідації пожеж. Вимоги до пожежної безпеки встановлюються «Правилами пожежної безпеки в Україні» (затверджено наказом ДСНС № 141 від 30.12.2014). [25].

7. Відповідальність за порушення:

- Порушення вимог охорони праці може призвести до дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності. Роботодавець зобов'язаний повністю відшкодувати шкоду, заподіяну працівнику внаслідок нещасного випадку на виробництві [26]. Відповідальність за порушення норм охорони праці встановлена «Кодексом України про адміністративні правопорушення» (стаття 265) [28]. Відповідальність за тяжкі наслідки порушень регулюється «Кримінальним кодексом України» (стаття 272) [29].

Вирішення проблем охорони праці та техніки безпеки під час бурових робіт включають впровадження сучасних технологій, таких як автоматизовані системи контролю та аварійної зупинки, використання засобів індивідуального захисту та регулярне технічне обслуговування обладнання. Важливу роль відіграє навчання персоналу, проведення інструктажів та аудитів, а також моніторинг умов праці за допомогою датчиків та систем відеоспостереження. Для зниження екологічних ризиків застосовуються технології, що мінімізують вплив на навколишнє середовище, та розробляються плани ліквідації аварій. Медичне забезпечення, психологічна підтримка та комфортні умови для відпочинку також сприяють підвищенню безпеки та ефективності роботи та інше.

Якщо окремо виділити проблематику охорони праці та техніки безпеки підричних робіт. Основні проблеми:

1. Ризик несанкційованих вибухів: Помилки під час підготовки зарядів чи монтаж вибухових пристроїв; Порушення технології проведення вибухів
2. Розліт осколків та породи: Неправильний розрахунок параметрів вибуху; Недостатня зона безпеки.
3. Викид шкідливих газів: Утворення токсичних газів (наприклад, оксидів азоту, чадного газу); Відсутність контролю над газовим складом після вибуху.
4. Вібрація та сейсмічне вплив: Руйнування прилеглих споруд або обладнання; Ризик обвалення породи у кар'єрі.

5. Людський фактор: Недостатня кваліфікація персоналу; Порушення правил безпеки.

6. Екологічні ризики: Забруднення повітря, ґрунту та води; Шумовий вплив на довкілля.

Охорона праці та техніка безпеки під час виконання вибухових робіт на гірничодобувних підприємствах в Україні регулюються низкою законодавчих актів, нормативних документів та правил.

1. Законодавча база:

- Закон України "Про охорону праці" (№ 2694-ХІІ від 14.10.1992) – основний документ, який визначає загальні вимоги щодо забезпечення безпечних умов праці, включаючи вибухові роботи [15].

- Кодекс законів про працю України (КЗпП України) – містить норми, які регулюють трудові відносини, включаючи питання охорони праці [17].

- Правила безпеки при веденні гірничих робіт (затверджені наказом Держнаглядохоронпраці № 132 від 25.06.2007) – містять спеціальні вимоги щодо вибухових робіт на гірничодобувних підприємствах [30].

- Закон України "Про вибухові матеріали" (№ 2514-ІІІ від 20.03.2002) – регулює питання виробництва, зберігання, транспортування та використання вибухових матеріалів [27].

2. Вимоги до працівників

- Працівники, які займаються вибуховими роботами, повинні проходити попередній та періодичні медичні огляди згідно з Наказом МОЗ України № 246 від 21.05.2007 [18,19] та повинні проходити навчання з охорони праці, інструктажі (вступний, первинний, позаплановий та цільовий) та отримати відповідні посвідчення згідно з «Типове положення про навчання з питань охорони праці» (наказ Держнаглядохоронпраці № 229 від 26.05.2005)[20].

- Працівники повинні мати відповідну кваліфікацію та посвідчення на право виконання вибухових робіт. Згідно з «Єдиний тарифно-

кваліфікаційний довідник робіт і професій» (наказ Мінпраці № 336 від 29.12.2004) [21].

3. Вимоги до організації вибухових робіт

- Вибухові роботи повинні проводитися за попередньо затвердженими проектами та планами, які враховують технічні вимоги безпеки. Навколо місця проведення вибухових робіт повинні бути встановлені зони безпеки, які виключають доступ сторонніх осіб. Перед проведенням вибухових робіт повинна бути надана попереджувальна сигналізація, а персонал евакуйований у безпечну зону. Згідно з «Правила безпеки при веденні гірничих робіт» (наказ № 132).

4. Вимоги до зберігання та транспортування вибухових матеріалів

- Вибухові матеріали повинні зберігатися у спеціально обладнаних сховищах, які відповідають вимогам безпеки. Згідно з Закон України "Про вибухові матеріали" (стаття 10).

- Транспортування вибухових матеріалів повинно здійснюватися спеціальним транспортом з дотриманням вимог безпеки. Згідно з «Правила перевезення небезпечних вантажів» (затверджені наказом Міністерства інфраструктури № 579 від 30.07.2020) [1].

5. Заборонені дії під час вибухових робіт

- Заборонено проводити вибухові роботи без наявності відповідних дозволів та документації. Згідно з Закон України "Про вибухові матеріали" (стаття 12).

- Заборонено працювати без використання засобів індивідуального захисту та заборонено відхилятися від затверджених технологічних процесів та правил безпеки. Згідно з «Правила безпеки при веденні гірничих робіт» (наказ № 132).

6. Відповідальність за порушення

- Відповідальність за порушення норм охорони праці встановлена «Кодексом України про адміністративні правопорушення» (стаття 265) [28].

Відповідальність за тяжкі наслідки порушень регулюється «Кримінальним кодексом України» (стаття 272) [29].

Для мінімізації ризиків при вибухових роботах застосовуються такі заходи: Суворе дотримання нормативів, використання затверджених технологій та розрахунків параметрів вибуху (маса заряду, глибина свердловин, відстань до об'єктів, що охороняються). Контроль за підготовкою та проведенням вибухів, перевірка зарядів, монтажу та підключення детонаторів, а також виключення сторонніх осіб із небезпечної зони. Захисні споруди, встановлення екранів або бар'єрів для запобігання розльоту уламків. Моніторинг довкілля, використання датчиків для контролю загазованості, рівня шуму та вібрації. Навчання персоналу, регулярні інструктажі та тренування з дій в аварійних ситуаціях. Екологічні заходи, застосування технологій, що знижують викиди шкідливих речовин та рекультивация території після вибухів.

ВИСНОВКИ

У ході виконання міждисциплінарного курсового проекту було проведено комплексний аналіз та оптимізація параметрів бурових робіт при відкритій розробці залізородних родовищ, що дало змогу виявити основні проблеми та розробити пропозиції щодо підвищення ефективності їх розробки. Аналіз гірничо-геологічних умів досліджуваного родовища показав, що воно характеризується складною геологічною будовою з пластовими та лінзоподібними рудними тілами, значною потужністю до 100 метрів та високим вмістом заліза (60-66%). Гідрогеологічні умови родовища є складними через наявність підземних вод, що потребує спеціальних заходів для їх відкачування та захисту гірничих виробок.

Проведений аналіз існуючої технології розробки родовища виявив ряд "вузьких місць" в поточних технологічних процесах. Найбільш проблемними є бурові роботи, де використовується застаріле обладнання та методи. Поточна техніка не забезпечує достатньої продуктивності та якості робіт, що призводить до зниження загальної ефективності видобутку корисних копалин.

В результаті дослідження були розроблені альтернативні технологічні рішення, спрямовані на модернізацію існуючого обладнання та впровадження нових технологій. Порівняльний аналіз показав, що найбільш перспективним є використання автоматизованих бурових установок типу Atlas Copco Pit Viper 271, які мають найвищу продуктивність (35675,6 м/місяць) та найменшу годину на буріння однієї свердловини (0,28 години). При цьому питома вартість буріння становить 71,1 грн/м, що є оптимальним показником серед розглянутих варіантів.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці та техніки безпеки під час виконання технологічних процесів. Проаналізовано основні види травматизму та аварійності на гірничодобувних підприємствах України. Встановлено, що найпоширенішими причинами нещасних випадків є: вплив машин та механізмів (21,7%), падіння предметів та техніки (11,5%), падіння працівників з висоти (11%) та обвал порід (11%). Для запобігання цим

ризикам запропоновано комплекс заходів, що включає впровадження сучасних систем контролю, удосконалення засобів індивідуальної захисту та покращення системи навчання персоналу.

Економічний аналіз показав, що хоча первинні інвестиції в нове обладнання є значними, вони компенсуються за рахунок зростання продуктивності та зниження експлуатаційних витрат у довгостроковій перспективі. Запропоновані технологічні рішення дозволять збільшити річну виробничу потужність кар'єру до 986,700 тонн в цілому, що на 20% перевищує поточні показники.

Таким чином, реалізація запропонованих технологічних рішень та заходів з охорони праці дозволить підвищити ефективність розробки родовища, знизити собівартість видобутку та покращити умови праці. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку корисних копалин та забезпечити сталій розвиток гірничодобувної галузі в регіоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Правил перевезення небезпечних вантажів внутрішніми водними шляхами України : Наказ М-ва інфраструктури України від 04.04.2017 № 126. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0556-17#Text> (дата звернення: 28.01.2025)
2. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т./за ред. В. С. Білецького.—Д.:Донбас, 2007. — Т.2: Л — Р. — 670 с. — ISBN 57740-0828-2.
3. Гурський Д. С. Металічні корисні копалини // Металічні і неметалічні корисні копалини / Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. [та ін.]; Наук. ред. М. П. Щербак, О. Б. Бобров. — НАН України, Держ. геолог. служба України. — Київ: Центр Європи, 2006. — Т. 1. — 739 с. — ISBN 966-7022-61-7.
4. ЕШ 10 70: характеристики, огляд, опис. Екскатор - Портал про спецтехніку. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/esh-1070_nkmz
5. Іжорські заводи ЕКГ-10: технічні характеристики, опис, огляд. Екскатор - Портал про спецтехніку. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/ijorskie_zavodi_ekg-10
6. Рудгормаш СБШ-250 МНА-32: характеристики, опис, огляд. Екскатор - Портал про спецтехніку. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/rydgormash_sbsh-250_mna-32
7. БЕЛАЗ-75131: характеристики, огляд, опис. Екскатор - Портал про спецтехніку. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/75131_belaz
8. Амкодор 342В (ТО-28А): технічні характеристики, опис, огляд. Екскатор - Портал про спецтехніку. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/342v_to-28a_amkodor
9. АМКОДОР 332В: характеристики, огляд, опис. Екскатор - Портал про спецтехніку. URL: https://exkavator.ru/excapedia/technic/332v_amkodor

10. Вибухова справа. *Sappers - інженерний онлайн довідник*. URL: <https://sappers.com.ua/files/biblioteka/vybuhova-sprava.pdf> (дата звернення: 28.01.2025).

11. Chang P.L. Sandvik D245S Rotary Blast Hole Drill: Technical Specification Technical Specification | PDF | Horsepower | Manufactured Goods. Scribd. URL: <https://ru.scribd.com/document/457989253/d245s-specification-sheet-english> (date of access: 28.01.2025).

12. Чемезов Є.М. Принципи забезпечення безпеки гірничих робіт// Записки Гірничого інституту. 2019. Т. 240. С. 649-653. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.649

13. Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII: станом на 1 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

14. ДСТУ EN 791:2010.установки бурові. вимоги щодо безпеки (EN 791:1995 + A1: 2009, IDT). БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України. URL: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=29108 (дата звернення: 28.01.2025).

15. Кодекс законів про працю України : Кодекс України від 10.12.1971 № 322-VIII : станом на 1 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

16. Техніка безпеки та охорона праці під час виконання бурових робіт, Порядок допуску осіб до роботи на буровій установці - Бурові установки. Освітній портал для студентів. URL: <https://subject-book.com/geografiya/texnika-bezopasnosti-i-oxrana-truda-pri-proizvodstve-burovux-rabot-poryadok-dopuska-lic-k-rabote-na-burovoj-ustanovke-burovye-ustanovki.html> (дата звернення: 28.01.2025).

17. Охорона праці під час проведення бурових робіт - Блог охорони праці. Блог охорони праці. URL: <https://help-ot.ru/ohrana-truda/ohrana-truda-pri-provedenii-burovuh-rabot/> (дата звернення: 28.01.2025).

18. Про затвердження Правил розробки нафтових і газових родовищ : Наказ М-ва екології та природ. ресурсів України від 15.03.2017 № 118 : станом на 2 черв. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

19. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) та Переліку робіт з підвищеною небезпекою : Наказ Держ. ком. України з нагляду за охорон. пр. від 26.01.2005 № 15 : станом на 25 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

20. ГІД 34.01.103-2004 діючі галузеві нормативні документи колишнього СРСР у галузі будівництва для використання на об'єктах електроенергетичної галузі (ВСН). перелік (станом на 01.01.2015). *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України.* URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59732 (дата звернення: 28.01.2025).

21. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з виробництва вибухових матеріалів промислового призначення. *Офіційний вебпортал парламенту України.* URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/604-2016-п#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

22. ГІД 34.01.103-2004 Діючі галузеві нормативні документи колишнього СРСР у галузі будівництва для використання на об'єктах електроенергетичної галузі (ВСН). Перелік (станом на 01.01.2015). *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України.* URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59732 (дата звернення: 28.01.2025).

23. ДСТУ EN 13821:2017 Потенційно вибухонебезпечні середовища. Запобігання та захист від вибуху. Визначення мінімальної енергії займання пилоповітряних сумішей (EN 13821:2002, IDT). *БУДСТАНДАРТ Online -*

нормативні документи будівельної галузі України. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72282 (дата звернення: 28.01.2025).

24. Закон України "Про охорону праці" №2694-12 | Федерація профспілок працівників малого та середнього підприємництва України. Федерація профспілок працівників малого та середнього підприємництва України | 30 років діяльності, надій, пошуку та перемог. URL: <http://federation.org.ua/ru/zakonodavstvo/zakon-ukrainy-ob-okhrane-truda-2694-12.html> (дата звернення: 28.01.2025).

25. Закон України 'Про охорону праці. електричні мережі. URL: <https://leg.co.ua/knigi/zakony/zakon-ukrainy-ob-ohrane-truda.html> (дата звернення: 28.01.2025).

26. Про поведження з вибуховими матеріалами промислового призначення : Закон України від 23.12.2004 № 2288-IV : станом на 1 січ. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2288-15#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

27. Кодекс України про адміністративні правопорушення (статті 213 - 330) : Кодекс України від 07.12.1984 № 8073-X : станом на 1 січ. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80732-10#Text> (дата звернення: 28.01.2025). Кримінальний кодекс України : Кодекс України від 05.04.2001 № 2341-III : станом на 26 груд. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

28. Про затвердження Правил охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом Наказ Держ. ком. України з пром. безпеки, охорони пр. та гірн. нагляду від 18.03.2010 № 61 : станом на 23 берез. 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0356-10#Text> (дата звернення: 28.01.2025).

29. *Epiroc in your region* | *Epiroc.* URL: <https://www.epiroc.com/content/dam/epiroc/rotary-blasthole-drill->

rigs/brochures/9863%200005%2001%20Pit%20Viper%20271%20Brochure%20English.pdf (дата звернення: 28.01.2025).