

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

Кваліфікаційна робота допущена до захисту
Гарант освітньої програми
«Відкрита розробка родовищ»
_____ Ольга БОГОМАЗ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

за підсумками виконання освітньо-професійної програми
«Відкрита розробка родовищ» за спеціальністю 184 Гірництво

**на тему «Аналіз технології і організації вибухових робіт в умовах
Гліюватського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК»**

Керівник роботи
Консультант від бази практики



Ольга БОГОМАЗ
Андрій ПАШКОВ

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

Здобувач

Дмитро БРИЛЕНКОВ

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

Голова ЕК

Ігор ТОНЄВ

Запоріжжя, 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>гірничої справи</u>
Ступінь вищої освіти	<u>бакалавр</u>
Спеціальність	<u>184 Гірництво</u>
ОПП	<u>Відкрита розробка родовищ</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Богомаз О.П.

«__» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
Дмитро Геннадійович Бриленкова

1. Тема роботи: «Аналіз технології і організації вибухових робіт в умовах Глеюватського кар'єру ПрАТ «ЦГЗК»

керівник роботи Богомаз Ольга Петрівна, Ph.D., доц., доц. каф. ГС
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 31.03.2025 №81

2. Термін подання роботи: 16.06.2025

3. Вихідні дані до роботи: навчальна література, нормативна документація; пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт кар'єру ПрАТ «ЦГЗК» Загальна характеристика родовища та показники роботи Глеюватського кар'єру Північного ГЗКа

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Загальна характеристика родовища та показники роботи Глеюватського кар'єру Північного ГЗКа: Огляд наукової інформації, пов'язаної з вдосконаленням технології буровибухових робіт на залізородних кар'єрах. Дослідження формування технологічних схем ведення бурових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗК: Методика дослідження технологічних схем і параметрів ведення буровибухових робіт. Технологія ведення вибухових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа. порядок допуску людей в кар'єр після проведення масового вибуху: визначення параметрів підривних робіт. Заходи щодо охорони праці та промислової безпеки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): презентація Microsoft Power Pointe у кількості 15 слайдів

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

Розділ	Консультант (прізвище та ініціали, посада)
1	Богомаз О.П., доцент кафедри ГС
2	Богомаз О.П., доцент кафедри ГС
3	Богомаз О.П., доцент кафедри ГС
4	Богомаз О.П., доцент кафедри ГС

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1	19.05.2025-23.05.2025
2	Розділ 2	23.05.2025-29.05.2025
3	Розділ 3	29.05.2025-05.06.2025
4	Розділ 4	05.06.2025-10.06.2025
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	10.06.2025-12.06.2025
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	12.06.2025-16.06.2025
7	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.06.2025-22.06.2025

Керівник роботи

Здобувач



Ольга БОГОМАЗ

Дмитро БРИЛЕНКОВ

АНОТАЦІЯ

Бриленков Д.Г. Вдосконалення технології буровибухових робіт на залізородних кар'єрах на прикладі Глеюватського кар'єру Північного гірничо-збагачувального комбінату. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 184 Гірництво. Освітня програма «Відкрита розробка родовищ» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025 р.

Об'єкт дослідження – система буріння та підриву на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа.

Предмет дослідження – технологічні параметри, схеми ведення буровибухових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа.

У першому розділі я детально проаналізовано загальну характеристику Глеюватського кар'єру Північного ГЗКа, та основні показники його роботи. Розглянув геологічні та виробничі умови родовища, що впливають на організацію буровибухових робіт.

У другому розділі провів огляд наукової інформації, пов'язаної з вдосконаленням технології буровибухових робіт. Розглянув сучасні технологічні схеми і параметри ведення бурових та вибухових робіт. Запропонував методику дослідження та проаналізував результати, що дозволяють підвищити ефективність процесу.

У третьому розділі описав технологію ведення вибухових робіт на Глеюватському кар'єрі. Провів визначення кращих параметрів підривних робіт і обґрунтував організацію їх виконання. Розглянув технічні рішення, які сприяють підвищенню продуктивності та безпеки робіт.

У четвертому розділі приведено заходи з охорони праці та промислової безпеки при виконанні бурових і вибухових робіт, порядок допуску персоналу до кар'єру після проведення масових вибухів. Запропоновано рекомендації щодо зменшення ризиків для працівників.

У додатках наведено таблиці з технологічними параметрами та рекомендаціями, що можуть бути використані для покращення організації вибухових робіт.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, БУРОВИБУХОВІ РОБОТИ, ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА, ПІВНІЧНИЙ ГЗК, ОХОРОНА ПРАЦІ, ГЛЕЮВАТСЬКИЙ КАР'ЄР. ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА.

ABSTRACT

Brilenkov D.G. Improving the technology of drilling and blasting operations in iron ore quarries using the example of the Gleyuvatsky quarry of the Northern Mining and Processing Plant. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 184 Mining. Educational program "Open-pit development of deposits" - LLC "TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNIC", Zaporizhia, 2025.

The object of the study is the drilling and blasting system at the Gleyuvatsky quarry of the Northern Mining and Quarrying Complex.

The subject of the study is technological parameters, schemes for conducting drilling and blasting operations at the Gleyuvatsky quarry of the Northern Mining and Quarrying Complex.

In the first section, I analyzed in detail the general characteristics of the Gleyuvatsky quarry of the Northern Mining and Quarrying Complex and the main indicators of its operation. I considered the geological and production conditions of the deposit that affect the organization of drilling and blasting operations.

In the second section, I reviewed scientific information related to the improvement of drilling and blasting technology. I considered modern technological schemes and parameters for conducting drilling and blasting operations. I proposed a research methodology and analyzed the results that allow increasing the efficiency of the process.

In the third section, I described the technology for conducting blasting operations at the Gleyuvatsky quarry. I determined the best parameters for blasting operations and justified the organization of their implementation. Considered technical solutions that contribute to increasing productivity and safety of work.

The fourth section provides measures for labor protection and industrial safety when performing drilling and blasting operations, the procedure for admitting personnel to the quarry after mass explosions. Recommendations are proposed for reducing risks to workers.

The appendices provide tables with technological parameters and recommendations that can be used to improve the organization of blasting operations.

Keywords: TECHNOLOGY, DRILLING AND BLASTING OPERATIONS, INDUSTRIAL SAFETY, NORTHERN GOK, LABOR SAFETY, GLEYUVATSKIE QUARRY. INDUSTRIAL SAFETY

ВСТУП

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЛЕЮВАТСЬКИЙ КАР'ЄР ПІВНІЧНОГО ГЗКА.....	9
1.1. Загальна характеристика родовища та показники роботи Глеюватського кар'єру Північного ГЗКа.....	9
1.2. Огляд наукової інформації, пов'язаної з вдосконаленням технології буровибухових робіт на залізорудних кар'єрах.....	19
1.3. Постановка проблеми, ідея, мета і завдання наукового дослідження вдосконалення технології буровибухових робіт на залізорудних кар'єрах.....	19
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ І ПАРАМЕТРІВ ВЕДЕННЯ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ НА ГЛЕЮВАТСЬКОМУ КАР'ЄРІ ПІВНІЧНОГО ГЗК.....	22
2.1 Дослідження формування технологічних схем ведення бурових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗК.....	22
2.2 Результати дослідження з використанням програмного комплексу K-MINE.....	29
2.3 Висновки до розділу 2.....	36
3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВЕДЕННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ НА ГЛЕЮВАТСЬКОМУ КАР'ЄРІ ПІВНІЧНОГО ГЗКА.....	37
3.1 Технологія ведення вибухових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа.....	37
3.2 Визначення параметрів підричних робіт.....	39
3.3 Організація робіт по реалізації прийнятих рішень.....	44
3.4 Аналіз технологічних рішень.....	45
3.5 Висновки до розділу 3.....	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА.....	48
4.1 Заходи щодо охорони праці та промислової безпеки.....	48
4.2 Вимоги безпеки при веденні бурових робіт.....	48
4.3 Вимоги безпеки під час підготовки та проведення масових вибухів.....	49
4.4 Порядок допуску людей в кар'єр після проведення масового вибуху.....	51
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54
ДОДАТОК А.....	58

ВСТУП

У сучасних умовах розробки залізорудних родовищ буровибухові роботи є однією з ключових ланок у технологічному ланцюзі відкритих гірничих робіт. Від їх якісного виконання залежать ефективність подальших процесів — таких як екскавація, транспортування та первинна переробка гірничої маси. Зокрема, важливими аспектами є правильний вибір параметрів сітки свердловин, типу та маси заряду, конструкції забійки, а також глибини перебуру, що забезпечує належне подрібнення гірського масиву.[3]

Проте варто зазначити, що лише близько 25% енергії вибуху спрямовується безпосередньо на подрібнення порід. Решта енергії трансформується в ударно-повітряні хвилі та сейсмічні коливання, які можуть призводити до пошкодження будівель та споруд навіть за межами санітарно-захисної зони. Це питання є особливо актуальним для Глеуватського кар'єру Північного гірничо-збагачувального комбінату, який розташований у безпосередній близькості до міської інфраструктури та прилеглих населених пунктів. У зв'язку з цим мінімізація негативного впливу масових вибухів на довкілля та соціальну сферу є одним із першочергових завдань для підприємства.

Окрім екологічних аспектів, буровибухові роботи значно впливають на загальну собівартість гірничодобувної діяльності. Тому їх оптимізація дозволяє знижувати витрати на видобуток та підвищувати конкурентоспроможність підприємства на ринку залізорудної сировини. Це питання набуває ще більшої актуальності в умовах скорочення попиту на залізорудну продукцію, зумовленого глобальною економічною кризою, пандемією COVID-19 та іншими чинниками.

У зв'язку з вищевикладеним, метою роботи є вдосконалення технологічного процесу буровибухових робіт у межах Глеуватського кар'єру Північного гірничо-збагачувального комбінату.[26]

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення наступних завдань:

1. Провести аналіз наукових джерел і досліджень, присвячених удосконаленню буровибухових технологій на залізородних кар'єрах;
2. Дослідити існуючу практику буровибухових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа;
3. Визначити й обґрунтувати оптимальні параметри буровибухових робіт з урахуванням гірничо-геологічних умов кар'єру;
4. Оцінити вплив зміни параметрів буровибухових робіт на собівартість гірничих робіт у межах Глеюватського кар'єру.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГЛЕЮВАТСЬКИЙ КАР'ЄР ПІВНІЧНОГО ГЗКА

1.1. Загальна характеристика родовища та показники роботи Глеюватського кар'єру Північного ГЗКа

На півночі безпосередньо біля родовища розміщене село Ганнівка. Із південного боку до нього прилягає Першотравневе родовище залізистих кварцитів. Східною межею родовища проходить автомобільна дорога, яка сполучає міста Жовті Води та Кривий Ріг (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Ситуаційний план гірничих робіт

Рельєф території родовища переважно рівнинний, із незначним

ухилом у напрямку півдня та сходу. Абсолютні відмітки поверхні варіюються в межах від +132 до +150 м.

У межах Глеюватського родовища виділяються три основні водоносні горизонти:

- у лісовидних четвертинних суглинках;
- у неогенових пісках;
- у кристалічних породах докембрійського віку.

Глеюватський кар'єр за формою значно витягнутий: його довжина на поверхні перевищує ширину у 5–7 разів. З метою зручності планування та проектування гірничих робіт, територію умовно поділяють на північну та південну частини.

Історія розвідки та освоєння

Проект будівництва Глеюватського кар'єру був розроблений у 1961 році, а вже у 1962 році затверджений з розрахунковою потужністю 13,5 млн тонн сирової руди в складі другої черги Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК).[4]

На сьогоднішній день кар'єр експлуатується відповідно до проекту «Відпрацювання Глеюватського родовища ПРАТ “ПІВНГЗК” відкритим способом на період до 2020 року». З 2021 року вступив у дію новий проект на період 2021–2037 років, розроблений інститутом «Южгіпроруда».

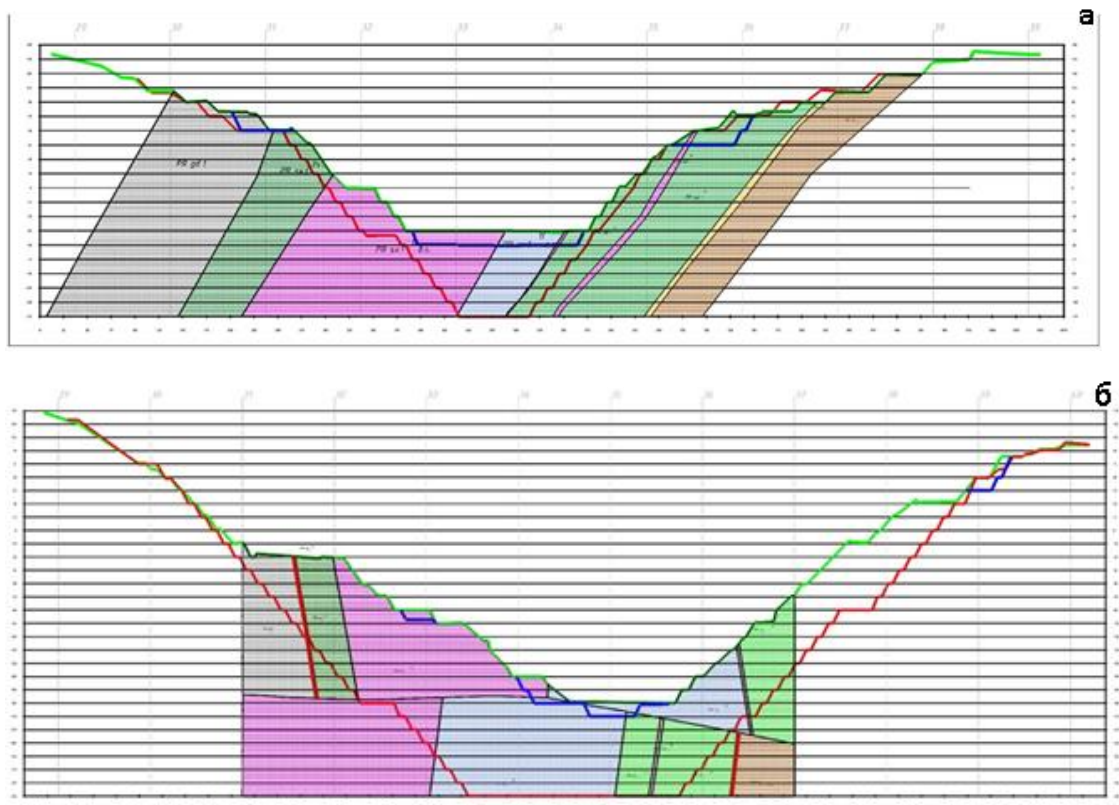
Геологічна будова родовища

Згідно з геологічними особливостями, родовище поділяється на північну та південну частини. Південну частину характеризує наявність численних поперечних тектонічних порушень, які поділяють гірські породи на окремі блоки. Довжина цих блоків у напрямку простягання коливається від 50–100 м до 200–300 м, при цьому поперечне зміщення між ними може сягати від кількох метрів до 200 м. Такі розриви зумовлюють зміну напрямку падіння рудного тіла з західного на східне і навпаки.[3]

Окрім поперечних (субширотних) розривів, у межах родовища також виділено подовжні (субмеридіанальні) тектонічні порушення — Західний (Саксаганський) та Східний розломи.

У геологічній будові родовища беруть участь гірські породи чотирьох стратиграфічних свит Криворізької серії нижнього протерозою, а саме:

- сланце-амфіболова свита (PR_1nk),
- нижня аркозо-філітова свита (PR_1sk),
- середня залізорудна свита (PR_1sx),
- верхня сланцева свита (PR_1gd) (рис. 1.2).
-



а – по лінії 1 -1 (північна чаша); б – по лінії 2 – 2 (південна чаша)

Рисунок 1.2 – Поперечні геологічні розрізи Глеюватського кареру

Геологічна характеристика залізорудної товщі Глеюватського родовища.

Продуктивна частина залізорудної товщі представлена силікатно-

магнетитовими та магнетит-силікатними кварцитами, що належать до першого залізистого горизонту. На схід від цієї продуктивної товщі залягають породи лежачого боку, сформовані кристалічними утвореннями, тоді як на захід — породи висячого боку.

Породи лежачого боку. До складу лежачого боку входить сланце-амфіболова свита, що включає амфіболіти, слюдисті кварцити, сланці та породи полевошпатопіроксенового складу. Її горизонтальна потужність становить від 100 до 850 м.

Нижня свита складається з трьох горизонтів:

1. Слюдисті (аркозові) кварцити;
2. Кварц-серіцит-хлоритові (філітові) сланці;
3. Серпентин-куммінгтонові й куммінгтонові (талькові) сланці.

Загальна горизонтальна потужність цієї свити коливається від 75 до 220 м.

Середня свита. Середня свита представлена комплексом кварцитів і сланців:

- Залізисті горизонти — нульовий, перший, другий — утворені магнетит-амфіболовими, амфібол-магнетитовими кварцитами;
- Сланцеві горизонти — нульовий, перший, другий — складені різноманітними сланцями.

Нульовий сланцевий горизонт — кварц-амфібол-біотитові сланці з кристалами гранату та поодинокими прошарками безрудних кварцитів, потужність 20–100 м.

Нульовий залізистий горизонт — бідні магнетит-амфіболові кварцити з прошарками амфібол-біотитових сланців. Вміст загального заліза (Fe_x) становить 23–25%, магнетитового (Fe_{mag_n}) — 7–15%. Потужність шару — 1–15 м.

Перший сланцевий горизонт — кварц-куммінгтонитові та біотит-куммінгтонитові сланці з незначними вкрапленнями безрудних кварцитів. Потужність — 5–100 м.

Перший залізистий горизонт — основна продуктивна частина товщі, представлена кварцитами з різним мінеральним складом: магнетитовими, амфібол-магнетитовими, магнетит-амфіболовими та гематит-магнетитовими.

Породи висячого боку. До порід висячого боку належать кварцити IV підпачки, представлені переважно силікатними кварцитами із вмістом Feзаг. 15–22% та Feмагн. 6–11%. Потужність шару варіюється від 5 до 95 м.

Другий сланцевий горизонт — складений магнетит-амфіболовими та польовошпат-кварц-біотитовими сланцями. Потужність — 50–200 м.

Другий залізистий горизонт — амфібол-магнетитові кварцити з вкрапленнями магнетит-куммінгтонових сланців. Вміст Feзаг. — від 14–19% до 24–29%, Feмагн. — від 8–9% до 17%. Цей горизонт не використовується як корисна копалина. Його потужність варіюється: від 102–130 м на півдні до 20–30 м на півночі родовища. Горизонт перерізаний Саксаганським насуванням.

Верхня свита. Породи верхньої свити включають безрудні кварцити, вуглисто-кварц-біотитові сланці та карбонатні утворення. Потужність шару зменшується з півдня на північ: від 8000 м до 2000 м відповідно.

Осадочний покрив. Кристалічні породи перекриті кайнозойськими відкладами потужністю від 20 до 54 м (у середньому — 36 м). Під ними залягають гравійно-щебеневі породи палеогенового віку з максимальним розвитком до 9,5 м.

Неогенові відклади включають:

- глинисті наноси (середня потужність — 6,2 м),
- червоно-бурі глини неоген-четвертинного віку (8,1 м).

Четвертинні утворення представлені:

- горизонтом бурих глин (13,4 м),

- лісовидними суглинками (7,2 м),
- сучасними ґрунтами (0,5 м).

Загальна середня потужність четвертинних відкладів становить 20,6 м (варіації — 8–39,5 м).

Морфологія рудного тіла

Продуктивна залізорудна товща першого горизонту утворює пластоподібне рудне тіло. У південній частині його середня горизонтальна потужність становить 349 м, у північній — близько 250 м. Горизонт витягнутий уздовж простягання порід.

Падіння шару змінюється:

- на півдні — західне, з кутами 70–85° (профілі 1–12),
- між профілями 12–18 — східне, 75–87°,
- далі до 45 профілю — знову західне, 55–70°, на поверхні — 30–40°.

Рудна товща поділяється на:

- **лежачу пачку** — представлена тонкополосчатими джеспелітовидними кварцитами, зокрема родузит-магнетитовими, біотит-залізолісно-магнетитовими, магнетит-амфіболовими. Останні поширені переважно в південній частині родовища, з потужністю 10–60 м, далі на північ — різко зменшуються;
- **висячу пачку** — представлена кварцитами, що переходять у породи висячого боку.

Кварцити характеризуються смугастою текстурою, яка зумовлена чергуванням рудних, напіврудних і кварцових шарів. Середні співвідношення між ними становлять: рудні шари — 10–15%, напіврудні — 15–20%, кварцові — 30–35%. Товщина рудних прошарків варіюється від 0,01 до 5 мм, напіврудних — від 0,5 до 3,5 мм.

У південному напрямку спостерігається різка варіація потужності, обумовлена поперечними тектонічними порушеннями, вздовж яких блоки порід зміщені один відносно одного. У північній частині зміни

потужності відбуваються більш плавно, що пов'язано з м'якою поперечною складчастістю. Найбільші зміни потужності по падінню становлять 20–30 м.

Висяча пачка за вмістом заліза поділяється на чотири підпачки. Перша й третя підпачки схожі між собою — вони представлені грубошаруватими магнетит-амфіболовими кварцитами з прошарками біотит-гематит-амфіболових сланців. Їх потужність коливається в межах 7–32 м. Друга підпачка утворена магнетит-амфіболовими кварцитами, що не суттєво відрізняються за складом від порід першої й третьої підпачок, однак мають більшу кількість рудних шарів і підвищений вміст заліза. Потужність цієї підпачки — 20–270 м. Характер зміни потужності по простяганню аналогічний лежачій пачці: у південній частині — різкий, у північній — поступовий. У південному секторі висяча пачка за потужністю майже дорівнює лежачій, а в північному — переважає її на всьому протязі.

Глеюватський кар'єр представлений покладом силікатно-магнетитових кварцитів першого залізистого горизонту зі стрімким падінням. За мінеральним і хімічним складом горизонту виділяють продуктивну (лежачу) і менш багату (висячу) пачки. У складі видобувної рудної маси наявні: неокислені кварцити лежачої та висячої пачок, а також окислені кварцити висячої пачки.

Основні параметри підрахунку включають:

- граничний вміст магнетитового заліза в пробі — 16%;
- мінімальний промисловий вміст заліза в блоці — 18%;
- мінімальна потужність рудного пласта, який враховується — 10 м;
- максимальна допустима потужність прошарків порожніх порід або некондиційної руди — 10 м;
- підрахунок балансових запасів проведений у межах кар'єрного контуру, визначеного технічним проектом (між профілями 1–21 — з

кроком 500 м, між профілями 21–45 — з кроком 300 м).[5]

Таблиця 1.1 – Запаси магнетитових залізистих кварцитів Глеюватського родовища

Балансові запаси				
111	B	418486	28,00	37,74
	C ₁	449786	28,37	37,08
	B+C ₁	868272	28,19	37,40
122	C ₂	60234	27,60	38,36

Підрахунок запасів залізистих кварцитів лежачої пачки здійснено з урахуванням їхньої густини — 3,39 т/м³.

Система розробки

Виходячи з параметрів використовуваного гірничого обладнання, фізико-механічних властивостей порід, а також розміщення покрівлі розкриття та корисної копалини, проектом передбачено робочі горизонти з інтервалом 10–15 метрів.

Станом на теперішній час кар'єр досяг глибини 270 м. Гірничі роботи проводяться у південно-східному, південно-західному та північному напрямках. Верхні горизонти (+135 м, +115 м, +102 м, +90 м, +75 м) розробляються із прямим завантаженням породи на залізничний транспорт.[25]

Нижні горизонти обслуговуються автотранспортом, який доставляє розкриті породи на перевантажувальні пункти та частково — на комплекс ЦПТ дробильної фабрики №2. Уся руда вивозиться з вибоїв автосамоскидами на ЦПТ. Вивезення розкритих порід із комплексу ЦПТ здійснюється залізничним транспортом до відвалів, а також частково — на греблю хвостосховища та на дробильно-сортувальний комплекс для виробництва щебеню, що використовується в господарських потребах кар'єру та комбінату —

зокрема для будівництва та обслуговування залізничних і автомобільних шляхів (див. рис. 1.3).

Обладнання

В якості навантажувальної техніки на кар'єрі й відвалах застосовуються екскаватори моделей ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-6.3УС, ЕКГ-12К і драглайн ЕШ-10/70.

Транспорт

Залізничні перевезення здійснюються думпкарми 2ВС-105 вантажопідйомністю 105 т, у складі тепловозів 2ТЕ10М і електровозів ОПЕ-1А та ОПЕ-1АМ. Автотранспортне забезпечення представлено самоскидами БілАЗ-75131 вантажопідйомністю 130 т.

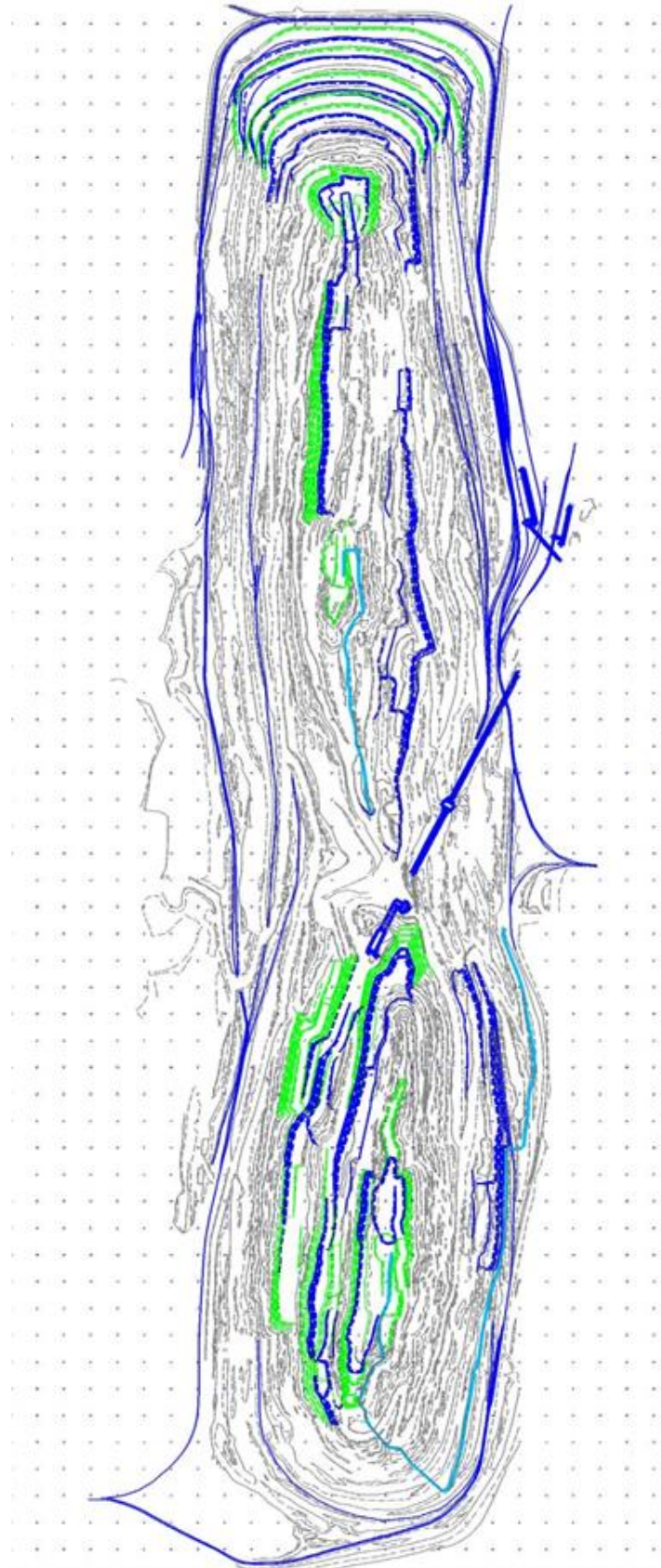


Рисунок 1.3 – План гірничих робіт Глеюватського кар'єру

1.2 Огляд наукової інформації, пов'язаної з вдосконаленням технології буровибухових робіт на залізородних кар'єрах

У праці [6] зазначається, що буровибухові роботи є ключовим етапом технологічного процесу видобутку корисних копалин на підприємствах, які розробляють родовища відкритим способом. Саме від ефективності проведення вибухових робіт залежить якість сировини, яка надходить на подальшу переробку, а також собівартість та якість кінцевої продукції. Автори дослідження аналізують сучасний стан технологій проектування буровибухових робіт на гірничодобувних підприємствах України та суміжних країн, підкреслюючи необхідність автоматизації процесів гірничого виробництва для оптимального підбору режимів буріння та підривання гірських порід.

Одним із сучасних напрямків досліджень є пошук альтернатив буровибуховим роботам — зокрема, впровадження безвибухових методів розробки гірських порід із використанням фрезерних комбайнів [17]. Згідно з висновками дослідників, включення таких машин у технологічний процес кар'єру дозволяє підвищити ефективність розробки, зменшити витрати та покращити загальну рентабельність гірничодобувного підприємства.

Попри велику кількість наукових робіт, присвячених даній темі [29–35], проблема вдосконалення технології буровибухових робіт залишається актуальною й потребує подальшого дослідження та практичного впровадження новітніх підходів.

1.3. Постановка проблеми, ідея, мета і завдання наукового дослідження вдосконалення технології буровибухових робіт на залізородних кар'єрах

У зв'язку зі зниженням попиту на залізородну сировину як в Україні,

так і на світовому ринку, перед гірничодобувними підприємствами гостро постає завдання забезпечення рентабельності та підвищення конкурентоспроможності. Одним із ключових шляхів досягнення цієї мети є зменшення собівартості готової продукції. Важливу роль у цьому відіграє удосконалення технології буровибухових робіт. Раціоналізація процесу та зниження витрат на буровибухові роботи дозволяє підприємству значно покращити фінансові показники та забезпечити стабільні конкурентні позиції на ринку залізорудної продукції.

Основна ідея даного дослідження полягає в обґрунтуванні оптимальних параметрів буровибухових робіт у специфічних умовах Глеюватського кар'єру Північного ГЗКа, а також у виборі раціональної технології їх проведення з урахуванням наявного бурового обладнання.

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу буровибухових робіт у межах Глеюватського кар'єру Північного гірничо-збагачувального комбінату.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення наступних завдань:

5. Провести аналіз наукових джерел і досліджень, присвячених удосконаленню буровибухових технологій на залізорудних кар'єрах;
6. Дослідити існуючу практику буровибухових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа;
7. Визначити й обґрунтувати оптимальні параметри буровибухових робіт з урахуванням гірничо-геологічних умов кар'єру;
8. Оцінити вплив зміни параметрів буровибухових робіт на собівартість гірничих робіт у межах Глеюватського кар'єру.

Беручи до уваги технічні характеристики бурового обладнання, що нині використовується, а також особливості геологічної будови родовища, у роботі пропонується обґрунтований вибір більш економічного та ефективного типу бурових установок. Крім того, передбачається розрахунок економічного ефекту від впровадження в

технологію буровибухових робіт конструкції забійки з додатковим запірним ефектом, що дозволить підвищити ефективність буропідривних заходів.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ І ПАРАМЕТРІВ ВЕДЕННЯ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ НА ГЛЕЮВАТСЬКОМУ КАР'ЄРІ ПІВНІЧНОГО ГЗК

2.1 Дослідження формування технологічних схем ведення бурових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗК

Буровибухові роботи на Глеюватському кар'єрі здійснюються відповідно до затвердженого на підприємстві «Типового проекту ведення буровибухових робіт у Глеюватському кар'єрі ПРАТ «ПІВНГЗК». Згідно з цим документом, при проектуванні бурових блоків вихідною основою слугує викопіювання з плану гірничих робіт, на яке необхідно нанести таку інформацію:[5]

- лінію найменшого опору по підшві уступу (ЛОПП) для першого ряду свердловин;
 - відстані між окремими свердловинами та рядами;
 - глибини свердловин з урахуванням реальних відміток поверхні уступу, який підлягає бурінню;
 - номери, індекси або умовні позначення типів усіх свердловин;
 - величину перебуру;
 - розташування свердловин уступу, що розташований вище.
- При цьому проектувальник зобов'язаний враховувати:
- місця стикування раніше пробурених блоків із новим, уникаючи їх накладання;
 - наявність "стаканів" — свердловин, буріння яких завершилося невдало, не допускаючи розміщення нових свердловин ближче ніж 1 метр від таких місць.

Після завершення буріння проводиться маркшейдерська зйомка з фіксацією фактичних параметрів розміщення свердловин, за

результатами якої складається план їх розташування в масштабі 1:1000. Також виконується аналіз відповідності фактичного положення свердловин проектному (див. рис. 2.1).

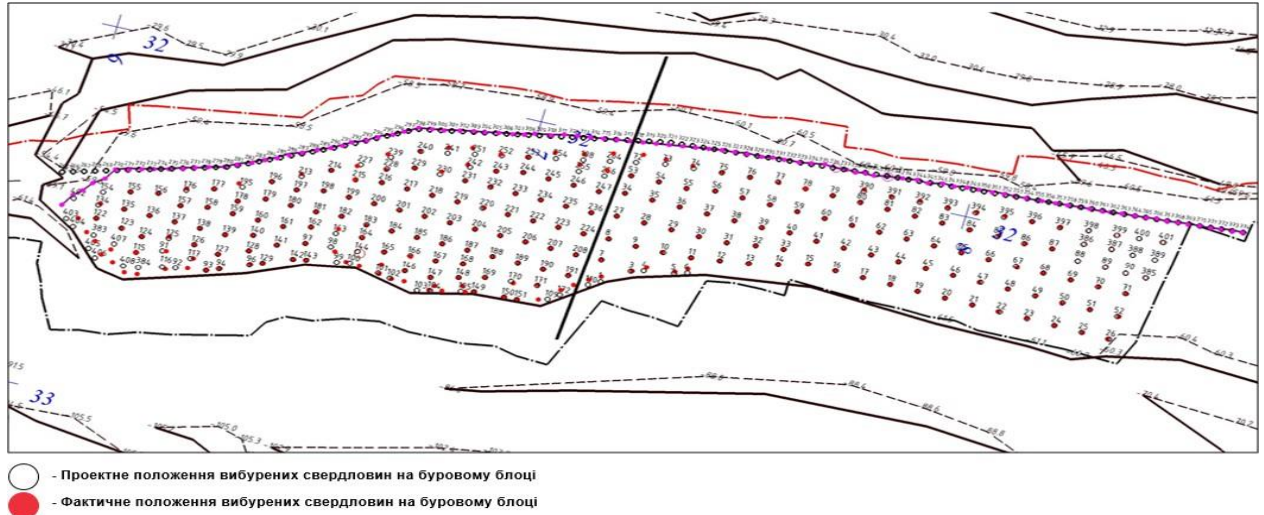


Рисунок 2.1 – Аналіз відповідності фактичного положення вибурених свердловин проектному

Буріння вибухових свердловин на підприємстві виконується з використанням бурових установок типу СБШ-250МН, Ferdinand та EPIROC DM 75E, при цьому діаметр свердловин становить 250 мм. [29]

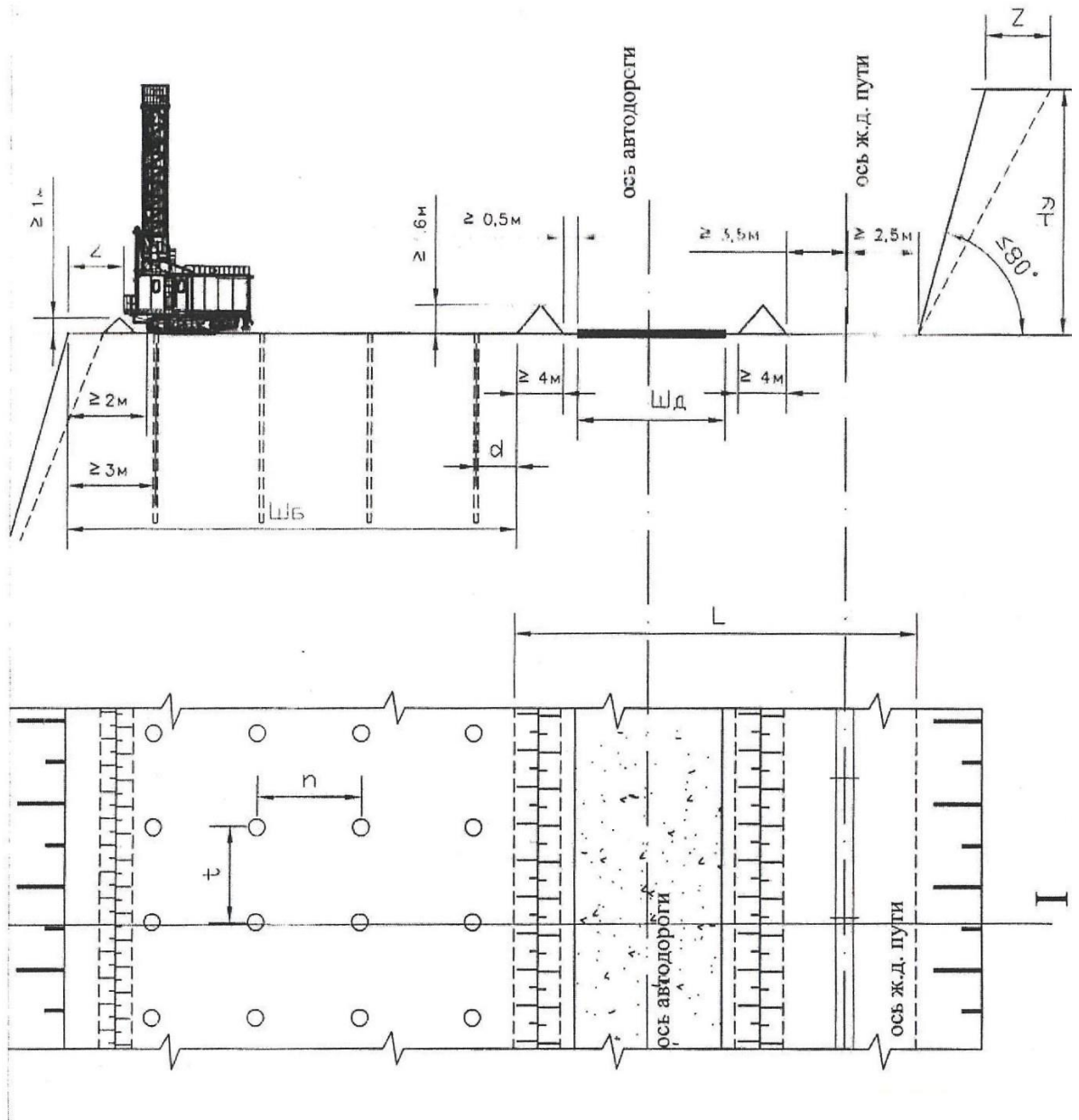


Рисунок 2.1 – Параметри бурових робіт при розміщенні на робочій площадці автодороги та залізнично-дорожньої колії

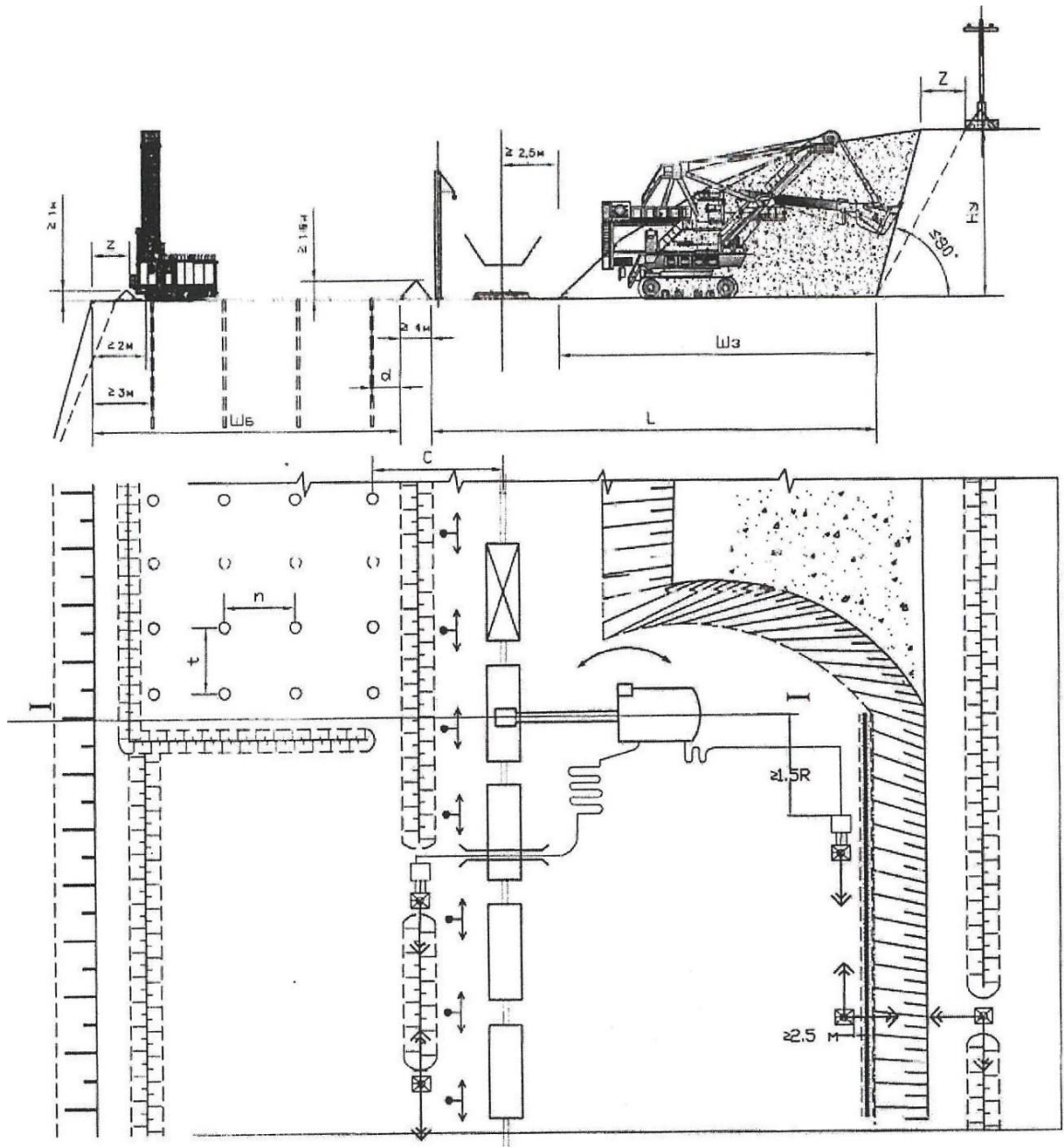


Рисунок 2.2 – Параметри бурових робіт при розміщенні на робочій площадці залізнично-дорожньої колії

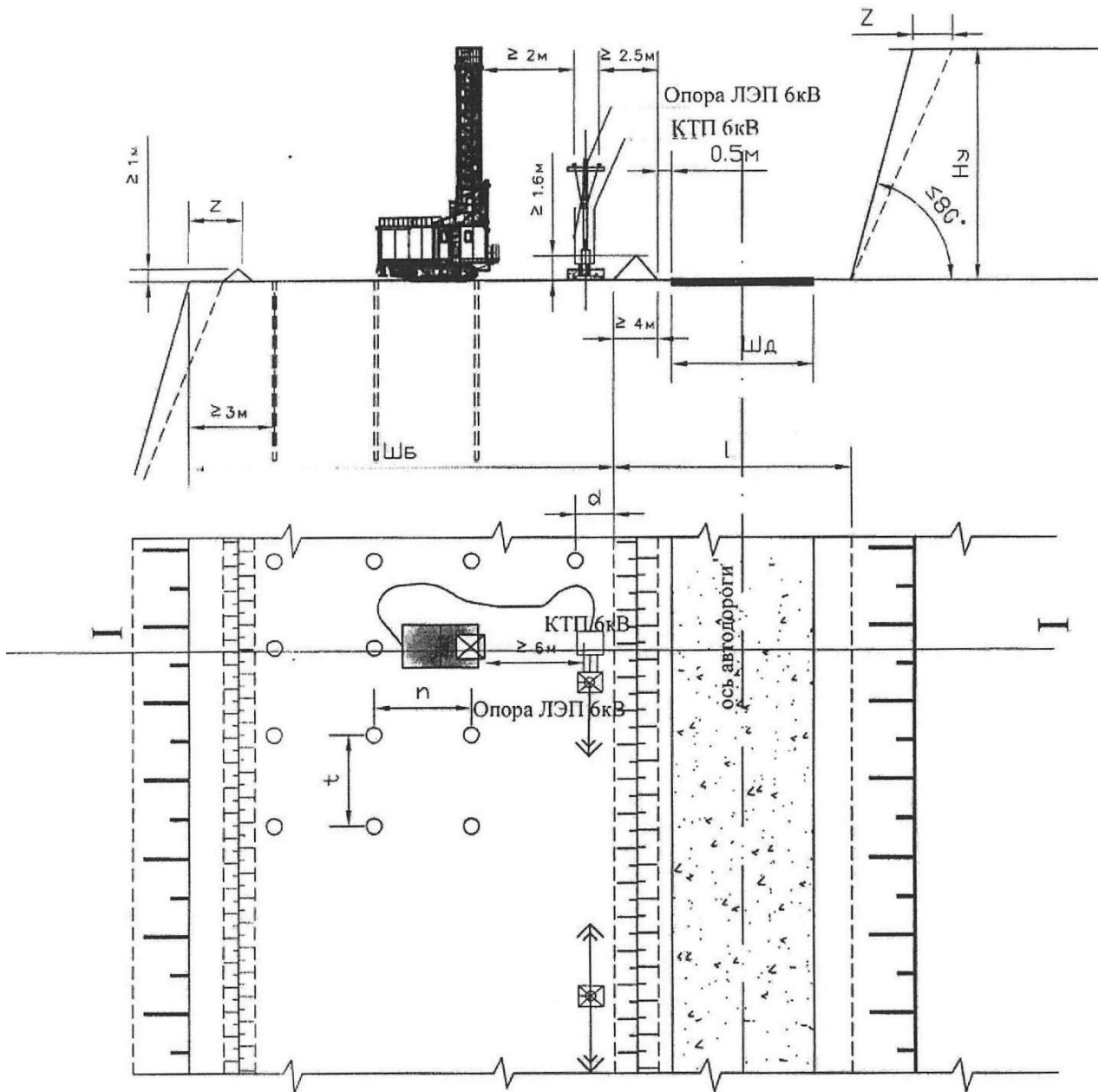


Рисунок 2.3 – Параметри бурових робіт при розміщенні на робочій площадці ЛЕП-6кВ та автодороги.

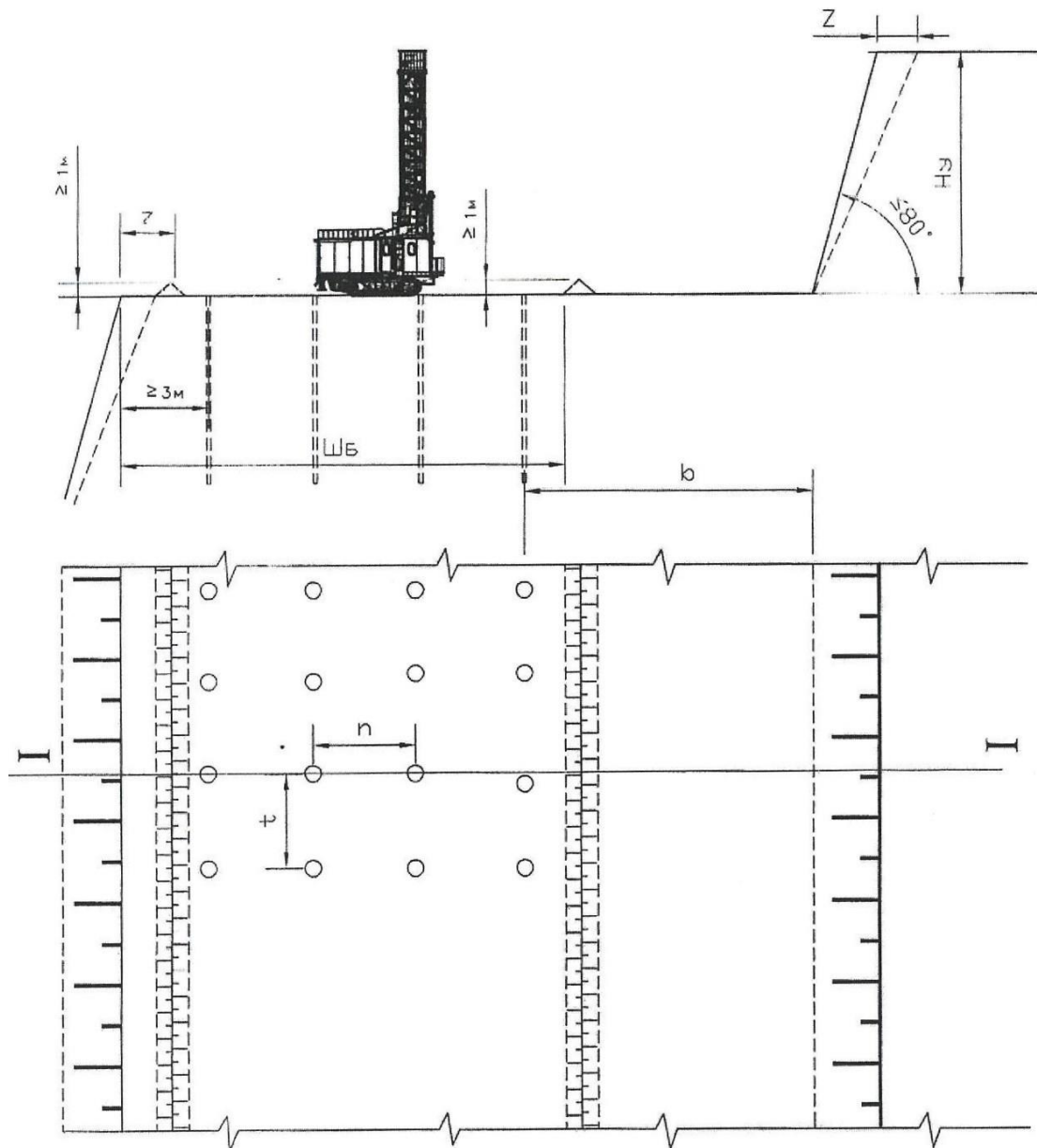


Рисунок 2.5 – Параметри бурових робіт при тимчасовій консервації борта кар'єра одинарними уступами

K-MINE — це спеціалізована ГІС, створена для інтеграції та обробки даних з різних пристроїв у межах єдиної програмної платформи. Вона забезпечує автоматизацію інженерного супроводу гірничих робіт, включаючи маркшейдерське та геологічне забезпечення, а також дозволяє планувати, проєктувати й аналізувати процеси гірничого виробництва, зокрема буровибухові роботи. Основою

функціонування системи є цифрові тривимірні моделі технологічних об'єктів різної складності, таких як поверхні кар'єру, відвали, шахтні поля та геологічні тіла покладів.[6]

Розробником системи є компанія «КРИВБАСАКАДЕМІНВЕСТ» (м. Кривий Ріг, Україна).

Буровибуховий модуль у складі K-MINE дозволяє виконувати такі функції:

- проектування рядів та розміщення свердловин;
- створення та розрахунок схем комутації;
- розрахунок зарядів для свердловин;
- генерація табличної та графічної документації щодо масових вибухів;
- контроль якості підривних робіт.

На Глеюватського кар'єрі даний комплекс використовується з 2003 року. Щодня технічна служба, маркшейдерський та геологічний відділи оновлюють дані відповідно до своїх напрямків на спільному сервері. Проектувальник буровибухових робіт отримує всю необхідну вихідну інформацію для проектування бурових блоків саме з цього централізованого джерела.

2.2 Результати дослідження з використанням програмного комплексу K-MINE

Результати застосування програмного комплексу K-MINE дали змогу визначити оптимальні параметри сітки розміщення свердловин, лінії найменшого опору по підшві уступу (ЛОПП), а також виконати комутацію заряджених свердловин.[6]

На початковому етапі роботи здійснюється отримання актуального положення гірничих робіт на ділянці, де планується буровий блок, з

подальшим визначенням фактичних відміток по нижній брівці уступу (рис. 2.6).

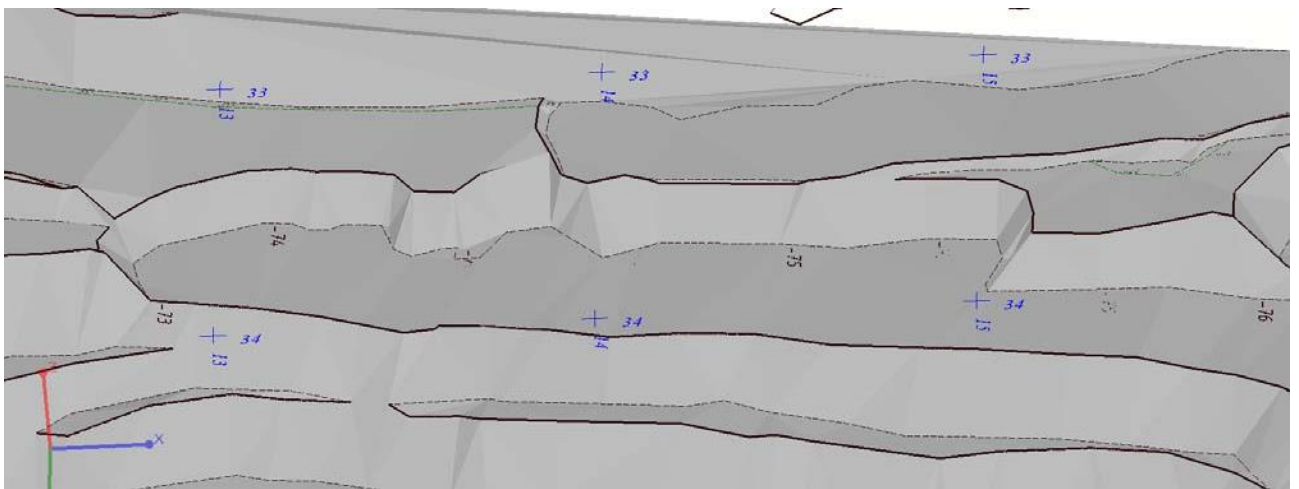
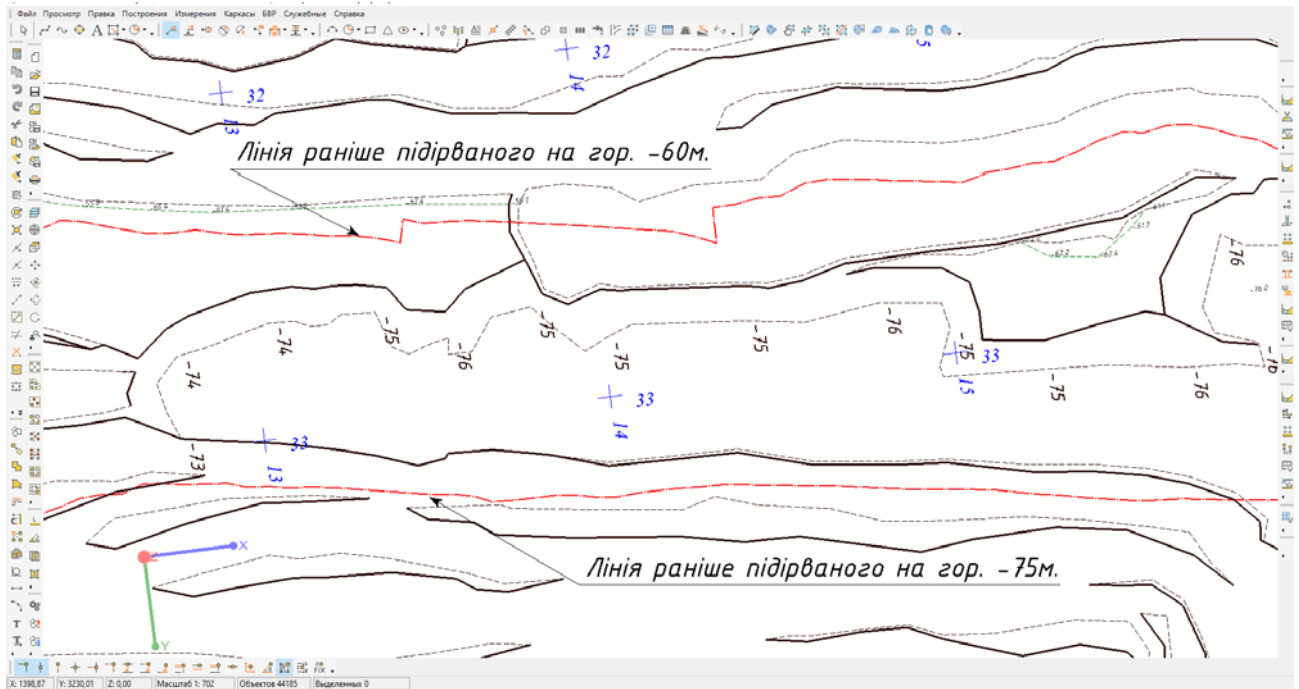


Рисунок 2.6 – План (а) та 3D (б) зображення фактичного положення

Потім отримуємо інформацію про геологічну характеристику даної

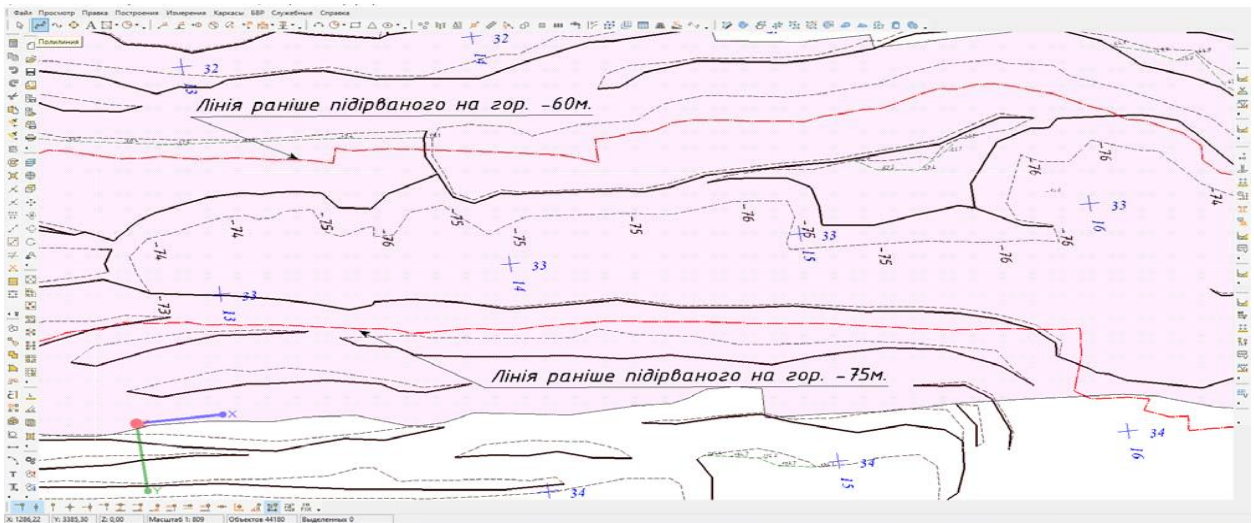
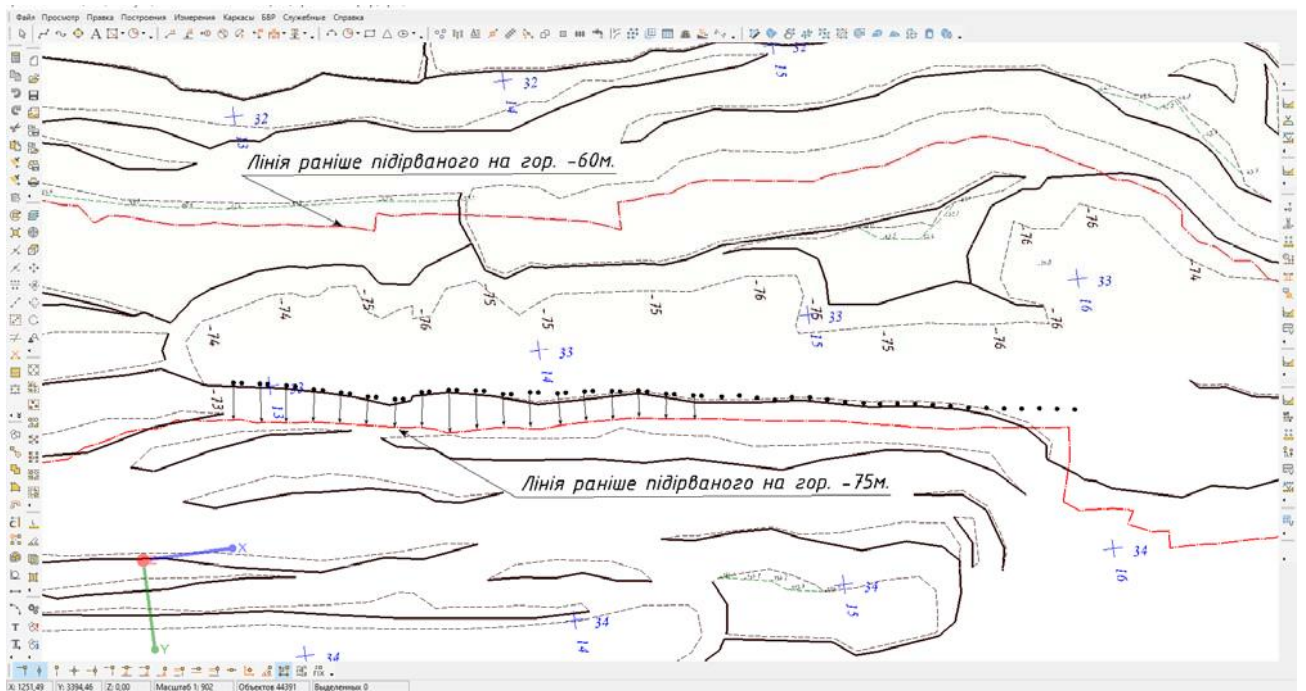


Рисунок 2.7 – Геологічна характеристика ділянки проектування



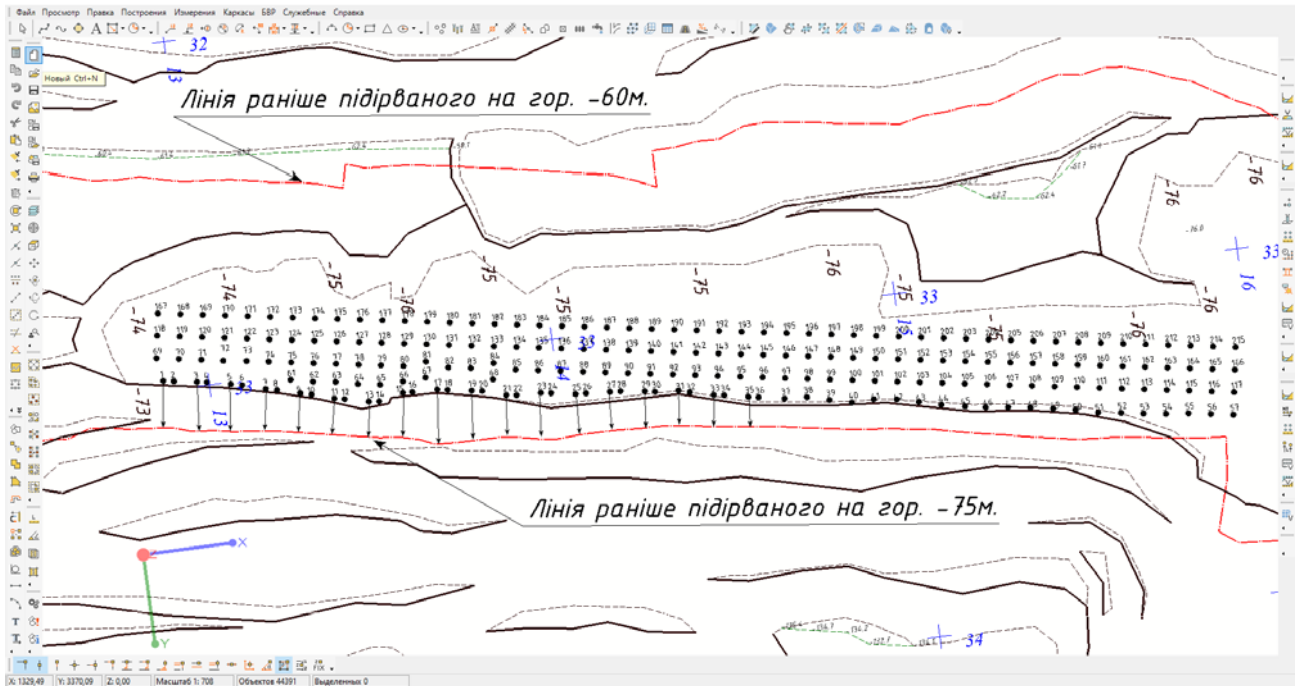


Рисунок 2.9 – Проектування послідовних рядів свердловин та їх нумерація

Далі проектуємо послідовні ряди та нумеруємо свердловини (рис.2.9)

Після завершення проектування та нумерації всіх свердловин необхідно перевірити, чи не розміщені вони в зонах так званих «стаканів» — свердловин, які були пробурені та вже підірвані раніше (рис.2.10).

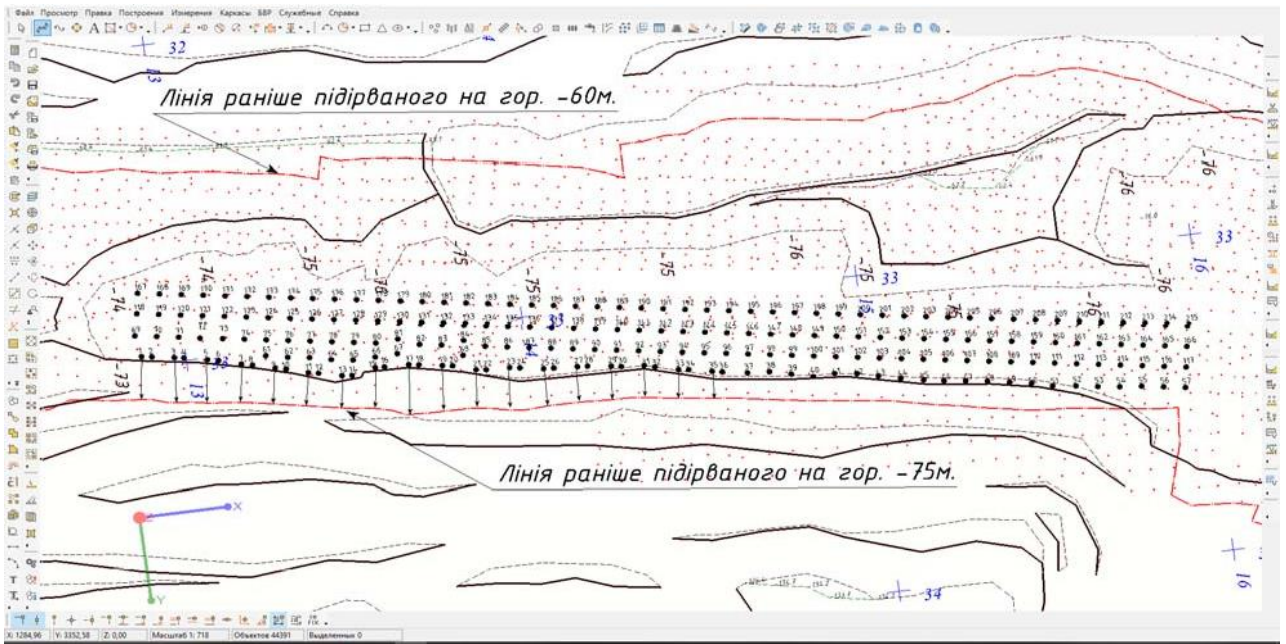


Рисунок 2.10 – Перевірка на «стакани»

Після успішної перевірки визначаємо оптимальні глибини свердловин з урахуванням перепадів висот на блоці (рис. 2.11).

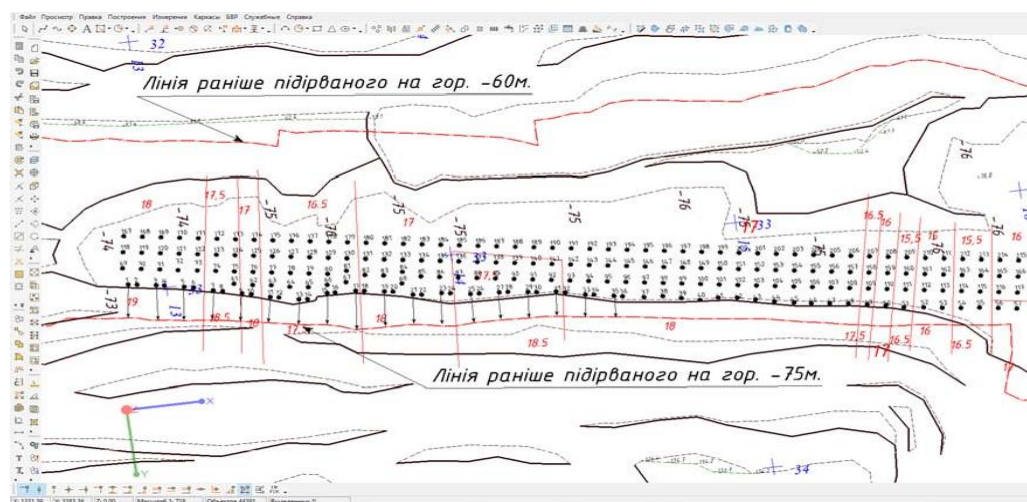


Рисунок 2.11 – Визначення оптимальних глибини свердловин в залежності від перепадів висот на блоці

На завершальному етапі виконуємо комутацію блоку (рис. 2.12) та здійснюємо розрахунок необхідної кількості вибухової речовини й

засобів ініціювання(табл.2.1).

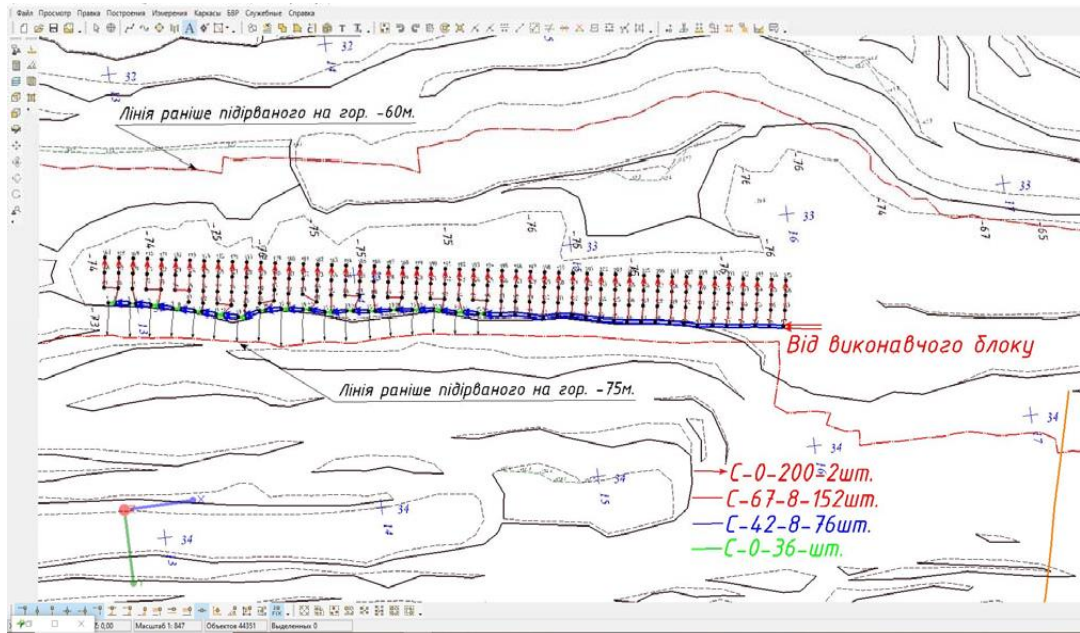


Рисунок 2.12 – Схема комутації блоку

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку необхідної кількості вибухової речовини та засобів ініціювання

№ блока		Новий
Горизонт		-75/-90
Гірнична маса	т.м3	160
в т.ч. Руда	т.м3	0
Скеля	т.м3	160
Вибухова речовина		
Емоніт Н	кг.	142 569
Засоби ініціювання		
УПР	шт.	317
ПП-08	шт.	102
ПФП-2	шт.	417
Анемикс-П	шт.	214
ЗТП-800	шт.	317
Д-500-22	шт.	215
Д-475-22	шт.	214
Д-500-30	шт..	102
С-0-200	шт.	2

С-67-8	шт.	152
С-42-8	шт.	76
С-0	шт.	36
Т-1500-8	шт.	2

Було проведено порівняння станків АС ДМ-75 і СБШ-250 МНА, в результаті чого отримано дані щодо часу виконання операцій (таб. 2.2).

Таблиця 2.2 – Дослідження часу на виконання основних операцій при виконанні бурових робіт

№ блока		Новий
Горизонт		-75/-90
Гірнична маса	т.мЗ	160
в т.ч. Руда	т.мЗ	0
Скеля	т.мЗ	160
Вибухова речовина		
Емоніт Н	кг.	142 569
Засоби ініціювання		
УПР	шт.	317
ПП-08	шт.	102
ПФП-2	шт.	417
Анемікс-П	шт.	214
ЗТП-800	шт.	317
Д-500-22	шт.	215
Д-475-22	шт.	214
Д-500-30	шт..	102
С-0-200	шт.	2
С-67-8	шт.	152

Таким чином, у ході проведеного дослідження були визначені такі оптимальні параметри бурових робіт для заданого блоку:

- сітка розташування свердловин — 6,5 × 6,5 м;
- глибина свердловин — від 15,5 м до 18 м;
- загальна кількість свердловин — 215 штук.

Під час підривання цього блоку очікується отримання 160 тис. м³ скельної гірничої маси.

Також було проаналізовано ефективність роботи бурових станків. Встановлено, що при бурінні з використанням АС DM-75, завдяки автоматизації основних процесів, час виконання операцій більш ніж удвічі менший порівняно з буровим станком СБШ-250 МНА.

2.3 Висновки до розділу 2

У межах дослідження було проведено аналіз технологічних схем організації бурових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗК. Результати свідчать про наявність ряду технологічних рішень, адаптованих до конкретних умов проведення гірничих робіт, розміщення техніки та інших виробничих об'єктів.

За допомогою програмного забезпечення K-MINE були розраховані оптимальні параметри буріння відповідно до реального стану гірничих робіт, а також визначено необхідний обсяг вибухових матеріалів та засобів ініціювання.[6]

Проведений аналіз показав, що застосування бурових станків АС DM-75 дозволяє скоротити час виконання основних операцій у понад два рази порівняно з використанням СБШ-250 МНА, що обумовлено вищим рівнем автоматизації процесів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВЕДЕННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ НА ГЛЕЮВАТСЬКОМУ КАР'ЄРІ ПІВНІЧНОГО ГЗКА

3.1 Технологія ведення вибухових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗКа

У проєкті розробки родовища передбачено здійснення вибухового дроблення скельних гірських шляхом застосування свердловинних зарядів у вертикальних і похилих свердловинах постійного діаметра.[26]

Формування уступів у скельних масивах на постійних і тимчасово неробочих контурах кар'єру виконується за допомогою таких методів:

- контурне буріння вертикальних свердловин зі змінною глибиною та зарядом вибухових речовин (у тому числі буферні свердловини),
- попереднє щілиноутворення (похилі або вертикальні свердловини),
- застосування зарядів постійного діаметра — шлангових або розосереджених.

Вторинне підривання включає дроблення негабаритних уламків із використанням шпурових або накладних зарядів, а також ліквідацію завищеної підосви уступів.

Для ведення вибухових робіт застосовуються вибухові матеріали, дозволені до постійного використання, або ті, що проходять випробування у встановленому порядку, та відповідають вимогам чинного Технічного регламенту. На кар'єрі використовуються вибухові речовини типу Емоніт-Н та Емоніт-Н 100.

Конструкції свердловинних зарядів розроблені з урахуванням таких факторів, як висота уступу, рівень обводнення свердловин та міцність підриваних порід. [5].

Типові схеми конструкцій свердловинних зарядів наведені у додатку Д.

Ініціювання здійснюється неелектричними системами, які дозволені до постійного використання, проходять випробування. Також використовується детонуючий шнур. Запуск ініціувальних систем (як неелектричних, так і детонуючого шнура) відбувається за допомогою електродетонаторів, що активуються електровибуховим імпульсом. Резервним методом є застосування вибухових машинок типу КПМ-ЗУ1 або їх аналогів.

Свердловинні заряди ініціюються проміжними детонаторами. Багаторядне та однорядне підривання реалізується згідно зі схемами комутації, наведеними у додатку Е.

Для здійснення короткоуповільненого підривання використовуються:

- піротехнічні уповільнювачі РП-92-0 з часовими номіналами 20, 35, 50, 75, 100 мс — при підриванні з використанням детонуючого шнура;
- поверхневі сполучні блоки з номіналами уповільнення 0, 15, 17, 25, 40, 42, 65, 67, 109 мс — при застосуванні неелектричних систем ініціювання.

Маса вибухових речовин у групі свердловин, що підриваються одночасно, не повинна перевищувати значень, встановлених рекомендаціями щодо захисту промислових та цивільних об'єктів під час проведення вибухових робіт на кар'єрах ПІВНГЗК (затверджено 26.10.2005 року). Загальна добова кількість вибухових речовин під час масових вибухів на Глеюватській та Першотравневому кар'єрах не повинна перевищувати відповідно 1000 та 1500 тонн згідно з рекомендаціями НДГРІ від тієї ж дати.

У випадках, коли підривання проводиться у частинах кар'єру з обмеженням максимально допустимої ваги вибухових речовин або при

багаторядному підриванні, допускається використання внутрішньосвердловинних уповільнень.

3.2 Визначення параметрів підривних робіт

Мінімальне значення лінії опору по підшві, що забезпечує безпечне проведення бурових робіт, розраховується за відповідною формулою.

$$W_{\sigma} = H \times \operatorname{ctg}(\alpha) + c, \text{ м} \quad (3.1)$$

де:

c — мінімально допустима безпечна відстань від бурового верстата до верхньої брівки уступу, м;

α — кут нахилу (укошу) уступу, град.

Обов'язковою умовою при розрахунках є дотримання нерівності $W > W_{\sigma}$.

Діаметр заряду (d_3) приймається рівним діаметру свердловини (у метрах).

Відстань між свердловинами в одному ряду розраховується за формулою:

$$a = m \times W, \text{ м}$$

де

m — коефіцієнт зближення свердловин, що при короткоуповільненому підриванні становить 0,8–1,2.

Схематичні приклади розташування свердловин на уступі подано на відповідних кресленнях рисунках 3.1 – 3.3.

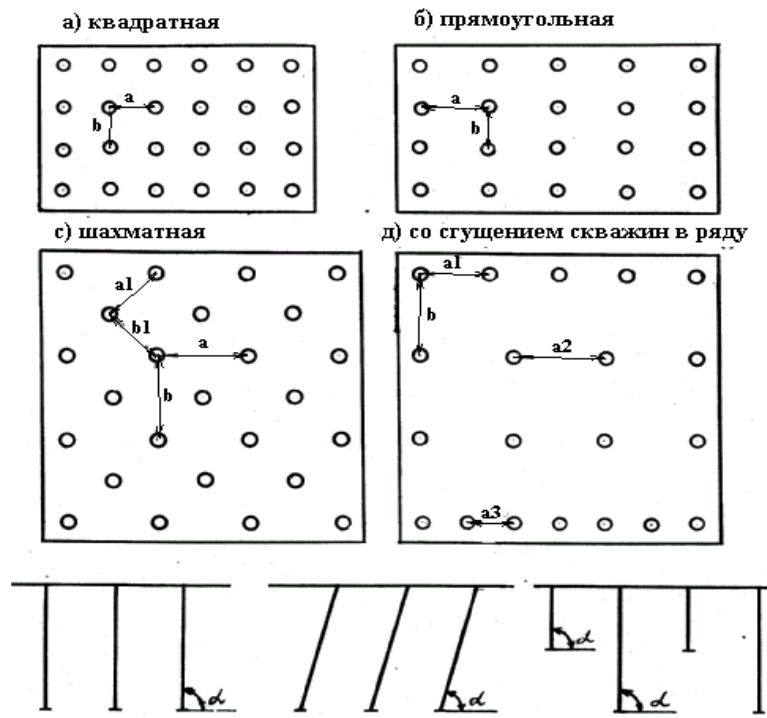


Рисунок 3.1 - Комбінація глибоких та коротких вертикальних свердловин

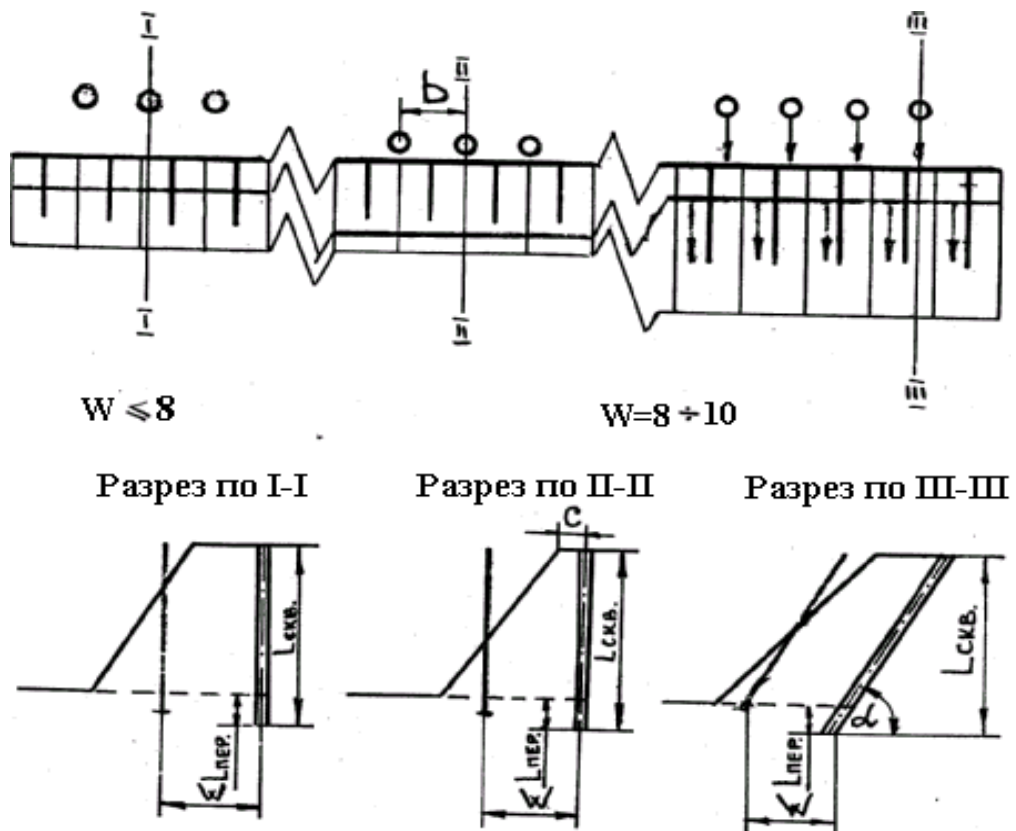


Рисунок 3.2 – Схема розташування свердловин по першому ряду

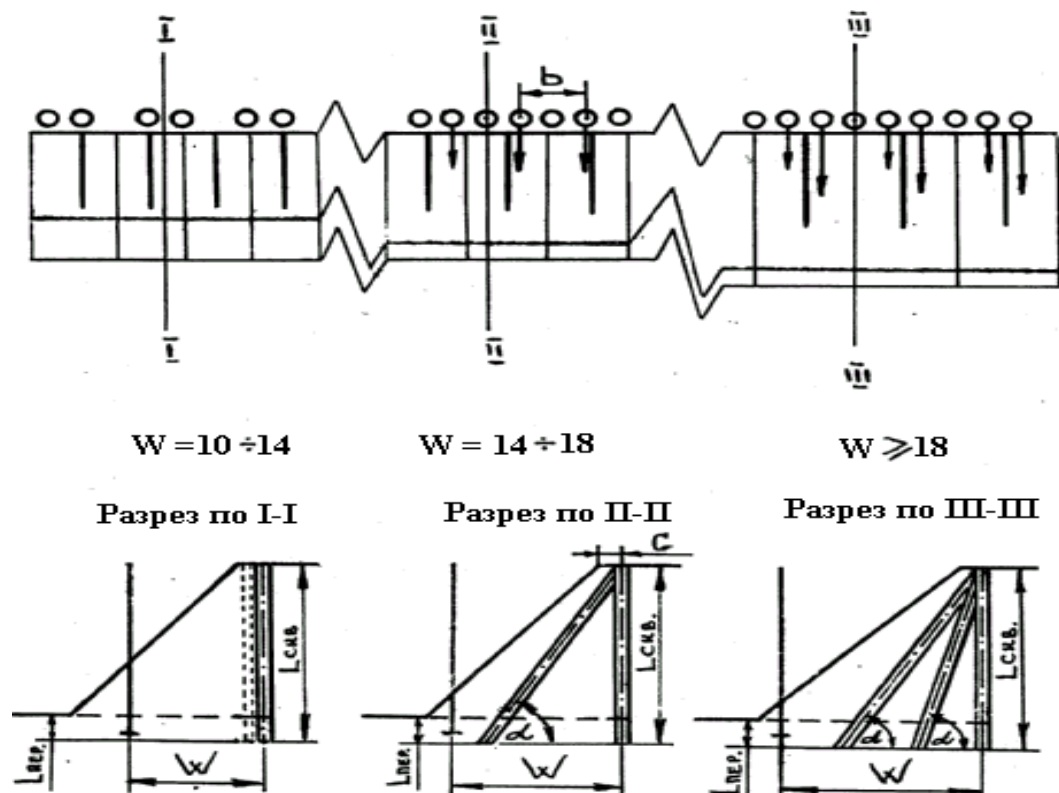


Рисунок 3.3 – Схема розміщення свердловин першого ряду з підвищеною ЛОПП

Розрахунок маси зарядів

Маса одиночних або зближених свердловинних зарядів обчислюється за формулою:

$$Q = q \times a \times W \times H, \text{ кг} \quad (3.2)$$

Для перевірки правильності обчислення маси заряду застосовується наступна формула:

$$Q_p = I_{зар} \times P, \text{ кг} \quad (3.3)$$

Оскільки при підриванні з використанням радіоканалу магістральні лінії відсутні ($R_m = 0$), маємо:

$$R_{об} = R_e / n, \text{ Ом} \quad (3.4)$$

$$I = U / R_{об}, \text{ А}$$

де $U = 400 \text{ В}$ — напруга джерела струму.

$$I = 400 / 1,5 = 266 \text{ А}$$

Струм, який припадає на один електродетонатор:

$$i = I / 2 = 266 / 2 = 133 \text{ A}$$

Розрахунок електровибухової магістралі

Формула для розрахунку опору електровибухової магістралі:

$$R = (2 \times L \times r + R_{\text{эд}}) / n, \text{ Ом} \quad (3.5)$$

де:

$L = 750 \text{ м}$ — довжина магістрального проводу;

r — опір 1 погонного метра проводу, Ом;

$R_{\text{эд}} = 3,0 \text{ Ом}$ — опір одного електродетонатора;

$n = 2$ — кількість детонаторів.

Опір проводу обчислюється за формулою:

$$r = \rho / S_{\text{м}}, \text{ Ом}, \quad (3.6)$$

де:

$\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ — питомий опір міді;

$S_{\text{м}} = 0,28 \text{ мм}^2$ — площа поперечного перерізу проводу діаметром 0,6 мм.

$$r = 0,0175 / 0,28 = 0,0625 \text{ Ом/м}$$

Тоді загальний опір магістралі:

$$R = (2 \times 750 \times 0,0625 + 3) / 2 = (93,75 + 3) / 2 = 95,3 \text{ Ом}$$

Сила струму у мережі:

$$I = U / R = 1600 / 95,3 \approx 16,8 \text{ A},$$

де $U = 1600 \text{ В}$ — напруга конденсатора-вибуховика.

Струм на один електродетонатор:

$$I_{\text{од}} = I / 2 = 16,8 / 2 = 8,4 \text{ A}$$

Цей струм значно перевищує мінімально необхідне значення (2 А) для гарантованого спрацювання електродетонаторів, згідно з технічними вимогами. Тому при повторних вибухах повторні розрахунки електромережі не обов'язкові.

Визначення відстаней, безпечних за розкиданням кусків породи

$$r_{заб} = l_{заб} / L_n \quad (3.7)$$

- Якщо свердловина повністю заповнена забивкою вільного простору, то $n_{заб} = 1,0$. У випадку підривання без забивки $n_{заб} = 0$.
- Коефіцієнт міцності порід (f) за шкалою проф. Протод'яконова розраховується як: $f = \sigma_{сж} / 100$, де $\sigma_{сж}$ — межа міцності породи на одновісне стиснення при стандартному лабораторному випробуванні, кГс/см^2 .

Особливості розрахунків при підриванні:

1. Якщо проводиться підривання серії свердловин із однаковими зарядами й діаметрами, але з різними параметрами a , $r_з$, $r_{заб}$, то при обчисленні безпечної відстані слід використовувати:

- найменше значення a (відстань між свердловинами),
- найменше $r_{заб}$,
- найбільше $r_з$ із усіх варіантів у серії.

2. Якщо масив представлений породами різної міцності, у розрахунках приймається максимальне значення коефіцієнта міцності f .

3. Для паралельно розміщених (пакетних) свердловинних зарядів діаметр замінюється на еквівалентний діаметр, який визначається за формулою:

$$d_e = d \times \sqrt{N_c} \quad (3.8)$$

де N_c — кількість свердловин у пучку.

4. Під час визначення безпечної відстані обов'язково слід враховувати можливі відхилення параметрів a , $r_з$, $r_{заб}$ від проектних значень під час фактичних підривних робіт. У таких випадках розрахунок безпечної зони проводиться з запасом, тобто з використанням найменших можливих значень a , $r_{заб}$ і найбільшого $r_з$.

Прийняті значення безпечних відстаней при складанні паспорта масового вибуху (МВ) на Глеюватському кар'єрі Північного ГЗК:

- ✓ Небезпечна зона для людей (розліт кусків породи) — відповідно до розрахунку, але не менше нормативів НПАОП 0.00-1.66-13 і не більше 750 м.
- ✓ Для механізмів, будівель, споруд та ліній електропередач — 120 м.
- ✓ При повторному подрібненні шпуровими або накладними зарядами — не менше 300 м.

3.3 Організація робіт по реалізації прийнятих рішень

Водночас, за умови збереження бажаних параметрів кусковатості у вибуховій масі на верхніх горизонтах і при міцності порід за шкалою проф. Протод'яконова в межах $f = 4-10$, з'являється потенціал для більш раціонального використання енергії вибухових речовин.

З цією метою пропонується вдосконалити конструкцію поліпропіленових рукавів (ПП), що застосовуються при заряджанні свердловин на скельних блоках. Зокрема, рекомендується використовувати рукав зі спеціальним укороченим відрізком, призначеним для забійки (див. рис. 3.4). Всі операції із заряджання виконуються згідно з чинною технологією. Забійковий матеріал поміщають у вкорочений рукав довжиною 5–7 м, який кріпиться до основного.

Крім того, проводиться додаткове зволоження забоечного матеріалу з метою його обважнення. Це забезпечує покращене утримання енергії у свердловині та сприяє рівномірному й ефективному руйнуванню уступу по всій його висоті.

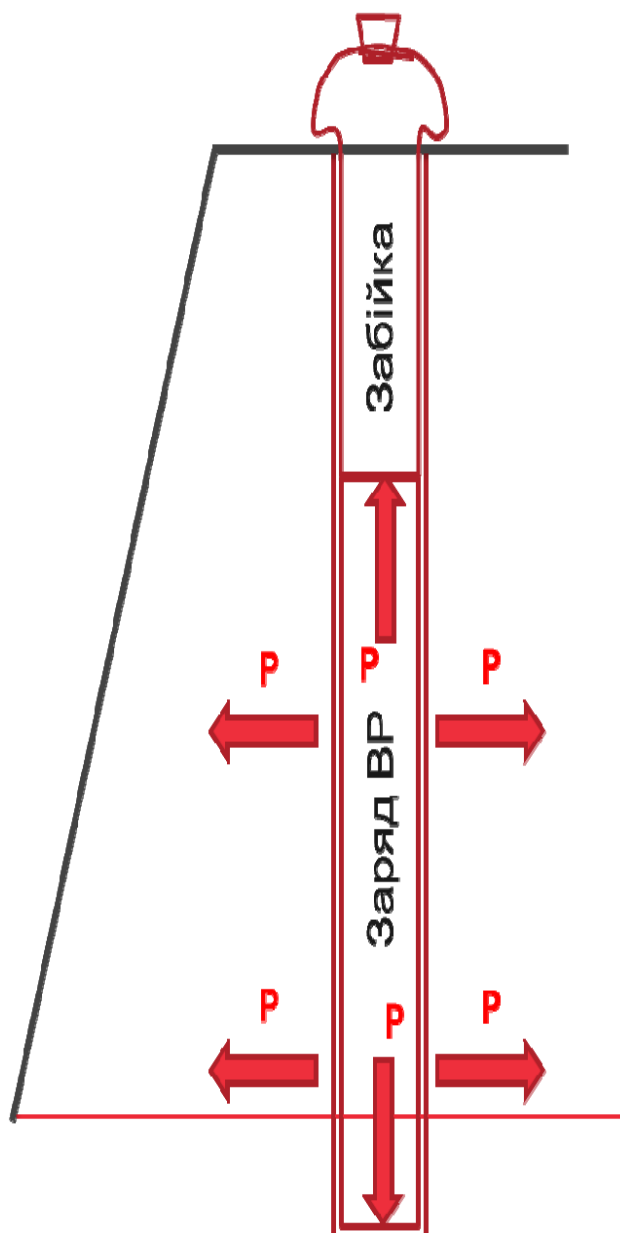


Рисунок 3.4 – Спрощена конструкція забійки

3.4 Аналіз технологічних рішень

Буровий блок складений із нерудних кварцитів, що характеризуються високою міцністю порід — 12 балів за шкалою Протод'яконова. Його ширина становить 30 м, довжина — 342 м, а загальна площа — 10 260 м². Роботи виконуються на горизонті з відміткою -75 м. Лінія опору по підшві уступу змінюється в межах від 7 до 15 м.

Для покращення ефективності руйнування гірського масиву, в зонах із підвищеним значенням ЛОПП передбачено використання парно-зближених похилих свердловин.

Відстань між свердловинами в межах одного ряду, а також між рядами становить 6,5 м. Глибина основної частини свердловин — 15 м, при цьому перебур складає 3 м, що дає загальну глибину свердловин у межах 15,5–18 м.

Усього на блоці пробурено 215 свердловин, що відповідає обсягу бурових робіт у 4 806 погонних метрів. Об'єм бурового блоку становить 160 тис. м³.

Для забійки використано вдосконалену конструкцію згідно з рисунком 3.4, а практичне втілення цієї конструкції на буровому блоці представлено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Буровий блок із додатковою запірною забійкою в поліпропіленовому рукаві

У реальних умовах експлуатації годинна продуктивність верстата AtlasCopco DM75 складає близько 11,5 п.м./год, що є високим показником. Незначне зниження фактичної продуктивності пояснюється організаційними простоями, такими як несвоєчасне підвезення води або необхідність повторної зачистки бурового майданчика.

3.5 Висновки до розділу 3

На Глеюватському кар'єрі Північного ГЗК вибухове дроблення твердих гірських порід здійснюється із застосуванням свердловинних зарядів, пробурених вертикально або під кутом, із використанням вибухових речовин типу Емоніт-Н або Емоніт-Н100.

До основних параметрів, які враховуються при проектуванні підривних робіт, належать:

Для буріння в умовах високої міцності порід або при необхідності пришвидшення робіт доцільно використовувати буровий верстат AtlasCopco DM75, який демонструє вищу продуктивність порівняно з моделлю СБШ-250 МНА завдяки своїм конструктивним та технічним характеристикам.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА

4.1 Заходи щодо охорони праці та промислової безпеки

Передбачено оновлення парку гірничо-транспортного обладнання — воно має відповідати сучасним вимогам герметичності кабін, що унеможлиблює проникнення пилу всередину. Для діючої техніки впроваджено графіки планово-попереджувальних ремонтів із перевіркою герметичності та електроізоляції кабін, а також їх регулярне очищення.

Під час закупівлі нового обладнання укомплектування кабін кондиціонерами є обов'язковим.[13]

З огляду на цілодобовий режим роботи кар'єру, значну глибину, велику кількість робочих горизонтів, використання великовантажного транспорту та одночасне виконання буро-вибухових робіт, у Глеюватському кар'єрі впроваджено комплекс заходів для запобігання травматизму.

Експлуатація гірничого, транспортного, конвеєрного та електрообладнання здійснюється на підставі відповідних дозвільних документів. Щорічно затверджуються графіки технічної експертизи для підтвердження придатності обладнання.[10]

Всі аналізи і виміри, пов'язані з охороною довкілля, виконуються виробничо-екологічною лабораторією. Контроль стану заземлення та електрообладнання здійснюється електротехнічною лабораторією підприємства.

4.2 Вимоги безпеки при веденні бурових робіт

Відповідно до Паспорта ведення бурових робіт, при виконанні буріння необхідно дотримуватись наступних вимог:[10]

1. Буровий верстат має встановлюватися на вирівняному майданчику таким чином, щоб гусеничні опори знаходилися на відстані не менше 2 метрів від бровки уступу, за межами призми можливого обвалення. Параметри цієї призми визначаються маркшейдерською службою кар'єра з урахуванням фізико-механічних характеристик порід.

2. Категорично забороняється підкладати під домкрати бурових верстатів уламки руди або породи.

3. У разі встановлення бурових верстатів шарошечного буріння на перший ряд свердловин, керування верстатом повинно здійснюватися дистанційно.

4. Під час буріння свердловин першого ряду, буровий верстат необхідно розміщувати так, щоб його поздовжня вісь була під прямим кутом до бровки уступу.

5. Пересування бурового верстата з піднятою щоглою допускається лише по вирівняній горизонтальній поверхні на короткі відстані. При наближенні до повітряних ліній електропередач щогла обов'язково має бути опущена.

6. Усі пробурені свердловини на буровому блоці повинні бути накриті або обгороджені для запобігання несанкціонованому доступу.

7. Ширина бурового блоку має становити щонайменше два ряди свердловин. Допускається виконання одного ряду лише у випадках вирівнювання уступу.

8. У разі буріння свердловин поблизу автодоріг, необхідно облаштувати земляний вал висотою 1,5 метра для обвалування бурового блоку.

4.3 Вимоги безпеки під час підготовки та проведення масових вибухів

До виконання вибухових робіт допускається персонал, що

відповідає встановленим вимогам щодо стану здоров'я, віку, освіти та професійної підготовки. Підривні роботи проводяться виключно кваліфікованими працівниками – підривниками (майстрами-підривниками), які мають єдину книжку підривника.[19]

Увесь персонал, залучений до підготовки і проведення вибуху, повинен бути ознайомлений з проектом масового вибуху під розпис. Наряди на виконання вибухових робіт видаються відповідно до затвердженого «Положення про порядок видачі нарядів».

Постові будки розміщуються поза межами забороненої зони, яка має становити не менше 20 метрів від найближчого заряду. Усе гірничо-транспортне обладнання (ЛЕМ, КТП, ПП) повинно розташовуватись не ближче ніж 50 м до заряджених свердловин. Проведення вогневих робіт допускається лише на відстані не менше 100 м.

У разі утворення «пробок» із ВР II групи в свердловинах, їх дозволяється усувати за допомогою дерев'яного штовхача або мотузки з дерев'яною болванкою (для глибоких свердловин).

До робіт із заряджання та забивання дозволяється залучати тільки техніку та механізми, дозволені до експлуатації на підставі позитивного висновку приймальних випробувань та рішення Держгірпромнагляду України.

Сигнали попередження та оповіщення подаються згідно з «Положенням про порядок подачі звукових сигналів при проведенні вибухових робіт». Установлення та закріплення проміжних детонаторів в устях свердловин здійснюється згідно з «Інструкцією з виготовлення та встановлення проміжних детонаторів із емульсійних патронів ВР».[14]

Перевірка блоків після вибуху виконується згідно з «Інструкцією про порядок допуску в кар'єр осіб, відповідальних за перевірку блоків після масових вибухів».

У випадку, якщо заряд не спрацює з технічних причин, його

вважають відмовленим. Такі випадки фіксуються у журналі реєстрації відмов. Ліквідація відмов проводиться згідно з пунктом 5.11 глави 5 розділу VII НПАОП 0.00-1.66-13 та відповідною інструкцією щодо запобігання, виявлення і ліквідації відмов.

За добу до вибуху перевіряється чутність сирен, результати оформлюються актом. Для кожного вибуху обчислюється розмір небезпечної зони, кількість охоронних постів та їхнє розміщення визначаються залежно від умов проведення робіт. Межі небезпечної зони мають бути чітко позначені умовними знаками на місцевості.

Вибухова станція повинна розташовуватись поза межами небезпечної зони. Розрахунок безпечних відстаней здійснюється згідно з чинними «Правилами безпеки...» та методикою НДГРІ ДВНЗ «КНУ».

У разі одночасного підриву блоків і негабаритів передбачається інтервал уповільнення, що унеможливорює пошкодження комутаційної мережі.[13]

4.4 Порядок допуску людей в кар'єр після проведення масового вибуху

Не пізніше ніж за добу до проведення масового вибуху в Глеюватському кар'єрі начальник кар'єру, який відповідає за евакуацію персоналу з небезпечної зони та її охорону, під підпис ознайомлює відповідального представника ДВГРЗ з розміщенням вибухових блоків у кар'єрі та з локаціями відбору проб повітря для контролю на наявність шкідливих газів. Враховуючи обсяги вибухових матеріалів і особливості розташування блоків, спільно визначають необхідну кількість гірничорятувальників ДВГРЗ, а також погоджують засоби зв'язку, які будуть використані в день вибуху.[15]

Особовий склад ДВГРЗ прибуває на командний пункт не пізніше ніж за одну годину до запланованого вибуху. Враховуючи поточні умови

(швидкість і напрямок вітру, температуру повітря тощо), відповідальний за евакуацію разом із представником ДВГРЗ уточнюють завдання для постів. Усі завдання фіксуються в оперативному журналі встановленої форми і підписуються відповідальним представником ДВГРЗ.

До оперативного журналу також вносяться повідомлення постів про виконання завдань, результати аналізу повітря в кар'єрі, а також додаткові розпорядження, які можуть виникнути в процесі роботи.

Допуск особового складу ДВГРЗ до території кар'єру дозволяється не раніше ніж через 15 хвилин після вибуху за розпорядженням відповідального керівника вибухових робіт. Представник ДВГРЗ регулярно інформує керівника вибуху про хід виконання завдань та результати газоаналізу для прийняття рішення про допуск працівників організації, що проводить вибухові роботи, до місць вибуху.[10]

Рішення про допуск представників організації до підірваних блоків приймає керівник масового вибуху лише після повного розсіювання пилогазової хмари, відновлення видимості в кар'єрі, отримання позитивних висновків усіх постів ДВГРЗ про безпечний склад повітря. При цьому допуск не може бути здійснений раніше ніж через 30 хвилин після вибуху.

Загальний допуск працівників на робочі місця в кар'єрі дозволяється лише після подачі сигналу «Відбій».[15]

Вхід у підземні виробки комплексів ЦПТ дозволяється лише після отримання офіційного дозволу від постів ДВГРЗ на підставі результатів аналізу атмосфери, що підтверджують відсутність небезпечних концентрацій вибухових продуктів, і не раніше ніж через дві години після вибуху.

Зазначений порядок погоджується з керівництвом ДВГРЗ не пізніше ніж за дві доби до проведення масового вибуху.

ВИСНОВКИ

1. Було проведено дослідження щодо формування технологічних схем бурових робіт на Глеюватському кар'єрі Північного гірничо-збагачувального комбінату. Результати показали, що на підприємстві сформовано декілька технологічних рішень, адаптованих до конкретних умов ведення гірничих робіт, розташування обладнання та інших виробничих об'єктів.

2. З використанням програмного забезпечення K-MINE визначено оптимальні параметри буріння відповідно до реального положення фронту гірничих робіт. Також було здійснено розрахунок необхідної кількості вибухових речовин та засобів ініціювання.

3. Для підвищення ефективності використання енергії вибуху запропоновано модернізовану конструкцію поліпропіленових рукавів (ПП) при заряджанні скельних блоків — зокрема, застосування скороченого рукава в зоні забійки.

4. У ході дослідження встановлено, що буровий верстат Atlas Copco DM75 є більш продуктивним у порівнянні з установкою СБШ-250 МНА завдяки своїм конструктивним і технічним перевагам.

5. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації бурових процесів на іншому кар'єрі Північного ГЗК — Першотравневому. Крім того, вони мають потенціал до впровадження на інших залізородних кар'єрах України, де застосовується технологія вибухового руйнування скельних порід із використанням свердловинних зарядів у вертикальних і похилих свердловинах постійного діаметра.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / Упоряд.: В.О. Салов. О.М. Кузьменко. В.І. Прокопенко. - Д.: Національний гірничий університет. 2002. - 52 с.
2. Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом. - К.: Норматив. 1994. - 184 с.
3. Дриженко А.Ю. Відкрита розробка залізних руд України: стан і шляхи удосконалення: Монографія / Дриженко А.Ю., Козенко Г.В., Рикус А.О.; за ред. А.Ю. Дриженка-Д.: Національний гірничий університет, 2008.- 452 с.
4. Пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт Глеюватського кар'єру на 2021 рік
5. Пояснювальна записка до Типового проекту ведення буровибухових робіт в Глеюватському кар'єрі.
6. Назаренко М. В. K-MINE - інструмент підвищення ефективності проектування та ведення буровибухових робіт на кар'єрах / М. В. Назаренко, С. А. Хоменко // Форум гірників - 2014 : матеріали міжнар. конф., 1-4 жовтня 2014 р.- Дніпропетровськ, 2014. - Т. 1. - С. 114-122.
7. Вусик О. О., Пижик А. М. Аналіз стану і перспектив безвибухової розробки гірських порід виймальнотранспортними комбайнами фрезерного типу / О. О. Вусик, А. М. Пижик // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, КНУ, 2017. Вип. 44. – С. 29–33.
8. Собко Б.Ю. Дипломна робота магістра. Методичні рекомендації для студентів спеціальності 184 Гірництво, спеціалізація «Відкрита розробка родовищ» / Б.Ю. Собко. Г.Д. Пчолкін. О.В. Ложніков:

М-во освіти і науки України. Нац. гірн.ун-т. - Дніпро: НГУ, 2017. - 38 с.

9. Програма і методичні вказівки з виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090305 "Відкриті гірничі роботи" /Укл. В.І. Прокопенко. Б.Ю. Собко. Г.Д. Пчолкін. А.Ю. Череп. Т.М. Мормуль. Дніпропетровськ. Національний гірничий університет. 2016. - 19 с.

10. Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом. - К.: Норматив. 1994. - 184 с.

11. Наукові основи раціонального природокористування під час відкритої розробки родовищ. Г.Г.Півняк. І.Л. Гумінік. К.Дребенштедт та ін.-Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2011. – 568с.

12. НПАОП 0.00-5.39-14 «Інструкція щодо запобігання, виявлення і ліквідації відмов свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах».

13. НПАОП 0.00-1.66-13 «Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення».

14. НПАОП 0.00-5.41-14 «Інструкція з безпечної організації та проведення масових вибухів свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах».

15. Про затвердження Інструкції з безпечної організації та проведення масових вибухів свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах : Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 12.06.2014 № 426. Офіційний вісник України. 2014. №54. С. 328

16. Хоменко С.А., Барановський С.С. Система автоматизованого проектування буропідричних робіт на базі ГІС К-MINE. Збірник доповідей науково-практичного семінару "SVIT GIS-2010". / С.А. Хоменко, С.С. Барановський-Кривий Ріг: 2010. - 278 с.

17. Іванов В.С., Вінівітін Д.В., Назаренко М.В., Хоменко С.А. Досвід використання ГІС К-MINE у завданнях календарного планування

гірничого виробництва за умов ВАТ «Полтавський ГЗК» / В.С. Іванов, Д.В. Вінівітін, М.В. Назаренко, С.А. Хоменко, Матеріали 11-го міжнародного симпозіуму «Питання осушення, геології та геоінформатики, гірничих робіт, геомеханіки, промислової гідротехніки та збагачення», Білгород, 22-33 травня 2011 р. - С. 154-161

18. Єфремов Е.І., Бурлака А.В., Терещенко А.А., Сухаревський Б.М. Подальше вдосконалення буровибухових робіт при високих уступах на кар'єрі ЦГЗК. Зб. Вибухова справа №57/14. М: Надра, 1967. - З. 162-167.

19. Corge H. Масові вибухи на кар'єрі Union Furnace (США), Mining Congr. J. 1961, 47 №10.

20. Малюта Д.М., Волинець М.А. та ін. Досвід підривання міцних руд глибокими свердловинами на кар'єрі НКГЗК, Зб. Вибухова справа №57/14. М: Надра, 1965. - З. 145-151.

21. Штумпр. Вибух зарядів ВР у свердловинах великого діаметра в США. Ind., Steine und Erden, 1959 №10.

22. Аш, Пірс. Вплив швидкості детонації ВР та глибини свердловини на результат вибуху. Mining Engineering, 1962 №9

23. Козаків Н.М. Вибухова відбійка руд свердловинними зарядами. - М: Надра, 1975

24. Теїнов Н.П. Жаріков І.Ф. Про ефективність застосування активної набійки // Зб. Вибухова справа №71/28.-М: Надра, 1972. - С. 134-139.

25. Арсентьев А.І. Прийняття рішень щодо параметрів кар'єру. Уч. посібник. - Л.: ЛГІ, 1982. - 60с.

26. Бизов В.Ф. Основи технології гірничого виробництва. Бібліотека гірничого інженера: В 14 т. - Кривий Ріг: Мінерал, 2000. - Т.5: Технологічні засоби. - 270с.

27. Бизов В.Ф. Основи технології гірничого виробництва. Бібліотека гірничого інженера: В14т. – Кривий Ріг: Мінерал, 2000.-Т.4:

Виробничі процеси.-247с.

28. Бизов В.Ф., Дриженко А.Ю. Бібліотека гірничого інженера:В14т.

- Кривий Ріг: Мінерал, 2004.- Т.13:Відкриті гірничі роботи. - 341с.

29. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Київ: МППУ. -2008.- 702с.

ДОДАТОК А

РОЗРАХУНКОВІ ПАРАМЕТРИ БУРОПІДРИВНИХ РОБІТ

1. Дуже легко вибухові	5	7,5	6,5	7,5	7,5	1,0	0,5	6,0	5,5	0,919	0,683	0,341	244	281	224	192	96	3,5	3,0	1,5	2,5	2,5	4,0	51
	8	7,5	6,5	7,5	7,5	1,5	1,0	9,5	9,0	0,985	0,782	0,427	390	450	384	352	192	6,0	5,5	3,0	3,5	3,5	6,0	50
	10	7,5	6,0	7,5	7,5	1,5	1,0	11,5	11,0	0,996	0,740	0,455	450	563	448	416	256	7,0	6,5	4,0	4,5	4,5	7,0	51
	12	7,5	6,5	7,5	7,5	2,0	1,5	14,0	13,5	0,930	0,759	0,427	585	675	544	512	288	8,5	8,0	4,5	5,5	5,5	9,0	50
	14	7,5	6,5	7,5	7,5	2,5	2,0	16,5	16,0	0,985	0,813	0,650	683	788	672	640	512	10,5	10,0	8,0	6,0	6,0	8,0	49
	15	7,5	6,5	7,5	7,5	2,5	2,0	17,5	17,0	0,963	0,796	0,683	731	844	704	672	576	11,0	10,5	9,0	6,5	6,5	8,0	50
	16	7,5	6,5	7,5	7,5	2,5	2,0	18,5	18,0	0,944	0,782	0,640	780	900	736	704	576	11,5	11,0	9,0	7,0	7,0	9,0	50
	18	7,5	6,5	7,5	7,5	3,0	2,5	21,0	20,5	0,985	0,822	0,664	878	1013	864	832	672	13,5	13,0	10,5	7,5	7,5	10,0	49
	20	7,5	7,5	7,5	7,5	3,0	2,5	23,0	22,5	0,825	0,796	0,711	1125	1125	928	896	800	14,5	14,0	12,5	8,5	8,5	10,0	50
	22	8,0	7,0	7,5	7,5	3,0	3,0	25,0	25,0	0,805	0,802	0,724	1232	1238	992	992	896	15,5	15,5	14,0	9,5	9,5	11,0	50
	24	8,5	7,0	7,5	7,5	3,0	3,0	27,0	27,0	0,762	0,806	0,759	1428	1350	1088	1088	1024	17,0	17,0	16,0	10,0	10,0	11,0	50
2. Легко вибухові	5	7,0	7,5	7,0	7,0	1,0	0,5	6,0	5,5	0,853	0,784	0,392	263	245	224	192	96	3,5	3,0	1,5	2,5	2,5	4,0	45
	8	7,0	7,5	7,0	7,0	1,5	1,0	9,5	9,0	0,914	0,898	0,490	420	392	384	352	192	6,0	5,5	3,0	3,5	3,5	6,0	44
	10	7,0	7,5	7,0	7,0	2,0	1,5	12,0	11,5	0,914	0,914	0,588	525	490	480	448	288	7,5	7,0	4,5	4,5	4,5	7,0	43
	12	7,0	7,0	7,0	7,0	2,0	1,5	14,0	13,5	0,980	0,925	0,599	588	588	576	544	352	9,0	8,5	5,5	5,0	5,0	8,0	44
	14	7,0	7,5	7,0	7,0	2,5	2,0	16,5	16,0	0,914	0,933	0,560	735	686	672	640	384	10,5	10,0	6,0	6,0	6,0	10,0	43
	15	7,0	7,0	7,0	7,0	2,5	2,0	17,5	17,0	0,958	0,914	0,610	735	735	704	672	448	11,0	10,5	7,0	6,5	6,5	10,0	43
	16	7,0	7,0	7,0	7,0	3,0	2,5	19,0	18,5	1,020	0,980	0,694	784	784	800	768	544	12,5	12,0	8,5	6,5	6,5	10,0	42
	18	7,0	7,5	7,0	7,0	3,0	2,5	21,0	20,5	0,914	0,943	0,617	945	882	864	832	544	13,5	13,0	8,5	7,5	7,5	12,0	43
	20	7,5	6,5	7,0	7,0	3,0	3,0	23,0	23,0	0,952	0,947	0,588	975	980	928	928	576	14,5	14,5	9,0	8,5	8,5	14,0	43
	22	8,0	6,0	7,0	7,0	3,0	3,0	25,0	25,0	0,970	0,950	0,653	1056	1078	1024	1024	704	16,0	16,0	11,0	9,0	9,0	14,0	43
	24	8,5	5,5	7,0	7,0	3,0	3,0	27,0	27,0	0,970	0,925	0,599	1122	1176	1088	1088	704	17,0	17,0	11,0	10,0	10,0	16,0	44
3. Вище середнього ступеню складності вибуховості	5	6,5	6,5	6,5	6,5	1,5	1,0	6,5	6,0	1,363	1,212	0,909	211	211	288	256	192	4,5	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	35
	8	6,5	6,5	6,5	6,5	2,0	1,5	10,0	9,5	1,231	1,136	0,663	338	338	416	384	224	6,5	6,0	3,5	3,5	3,5	6,0	36
	10	6,5	7,0	6,5	6,5	2,0	1,5	12,0	11,5	1,125	1,136	0,833	455	423	512	480	352	8,0	7,5	5,5	4,0	4,0	6,0	37
	12	6,5	6,5	6,5	6,5	2,5	2,0	14,5	14,0	1,199	1,136	0,757	507	507	608	576	384	9,5	9,0	6,0	5,0	5,0	8,0	36
	14	6,5	6,0	6,5	6,5	2,5	2,0	16,5	16,0	1,289	1,136	0,866	546	592	704	672	512	11,0	10,5	8,0	5,5	5,5	8,0	37
	15	6,5	7,0	6,5	6,5	3,0	2,5	18,0	17,5	1,125	1,161	0,959	683	634	768	736	608	12,0	11,5	9,5	6,0	6,0	8,0	36
	16	6,5	6,5	6,5	6,5	3,0	2,5	19,0	18,5	1,183	1,136	0,899	676	676	800	768	608	12,5	12,0	9,5	6,5	6,5	9,0	37
	18	7,0	6,5	6,5	6,5	3,0	3,0	21,0	21,0	1,055	1,136	0,926	819	761	864	864	704	13,5	13,5	11,0	7,5	7,5	10,0	36
	20	7,5	6,0	6,5	6,5	3,0	3,0	23,0	23,0	1,067	1,136	0,985	900	845	960	960	832	15,0	15,0	13,0	8,0	8,0	10,0	37
	22	8,0	5,5	6,5	6,5	3,0	3,0	25,0	25,0	1,058	1,102	0,964	968	930	1024	1024	896	16,0	16,0	14,0	9,0	9,0	11,0	37
	24	8,5	5,0	6,5	6,5	3,0	3,0	27,0	27,0	1,098	1,105	1,010	1020	1014	1120	1120	1024	17,5	17,5	16,0	9,5	9,5	11,0	38

4. Важко вибухові	5	6,0	6,5	6,0	6,0	2,0	1,5	7,0	6,5	1,805	1,778	1,600	195	180	352	320	288	5,5	5,0	4,5	1,5	1,5	2,0	28
	8	6,0	5,5	6,0	6,0	2,0	1,5	10,0	9,5	1,697	1,444	1,000	264	288	448	416	288	7,0	6,5	4,5	3,0	3,0	5,0	30
	10	6,0	6,0	6,0	6,0	2,5	2,0	12,5	12,0	1,600	1,511	1,067	360	360	576	544	384	9,0	8,5	6,0	3,5	3,5	6,0	30
	12	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	2,5	15,0	14,5	1,556	1,481	1,111	432	432	672	640	480	10,5	10,0	7,5	4,5	4,5	7,0	30
	14	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	2,5	17,0	16,5	1,460	1,397	0,952	504	504	736	704	480	11,5	11,0	7,5	5,5	5,5	9,0	31
	15	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	18,0	18,0	1,481	1,481	1,067	540	540	800	800	576	12,5	12,5	9,0	5,5	5,5	9,0	30
	16	6,5	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	19,0	19,0	1,333	1,444	1,000	624	576	832	832	576	13,0	13,0	9,0	6,0	6,0	10,0	30
	18	7,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	21,0	21,0	1,185	1,383	0,988	756	648	896	896	640	14,0	14,0	10,0	7,0	7,0	11,0	31
	20	7,5	5,5	6,0	6,0	3,0	3,0	23,0	23,0	1,202	1,378	0,978	825	720	992	992	704	15,5	15,5	11,0	7,5	7,5	12,0	31
	22	8,0	5,0	6,0	6,0	3,0	3,0	25,0	25,0	1,200	1,333	0,889	880	792	1056	1056	704	16,5	16,5	11,0	8,5	8,5	14,0	32
24	8,5	4,5	6,0	6,0	3,0	3,0	27,0	27,0	1,220	1,296	0,889	918	864	1120	1120	768	17,5	17,5	12,0	9,5	9,5	15,0	32	
5. Важко вибухові в'язкі	5	6,0	6,0	6,0	6,0	2,0	1,5	7,0	6,5	1,956	1,778	1,600	180	180	352	320	288	5,5	5,0	4,5	1,5	1,5	2,0	28
	8	6,0	6,5	6,0	6,0	2,5	2,0	10,5	10,0	1,641	1,667	1,333	312	288	512	480	384	8,0	7,5	6,0	2,5	2,5	4,0	29
	10	6,0	5,5	6,0	6,0	2,5	2,0	12,5	12,0	1,745	1,511	1,067	330	360	576	544	384	9,0	8,5	6,0	3,5	3,5	6,0	30
	12	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	2,5	15,0	14,5	1,556	1,481	1,111	432	432	672	640	480	10,5	10,0	7,5	4,5	4,5	7,0	30
	14	6,0	6,5	6,0	6,0	3,0	3,0	17,0	17,0	1,407	1,524	1,143	546	504	768	768	576	12,0	12,0	9,0	5,0	5,0	8,0	30
	15	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	18,0	18,0	1,481	1,481	1,067	540	540	800	800	576	12,5	12,5	9,0	5,5	5,5	9,0	30
	16	6,5	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	19,0	19,0	1,333	1,444	1,000	624	576	832	832	576	13,0	13,0	9,0	6,0	6,0	10,0	30
	18	7,0	5,5	6,0	6,0	3,0	3,0	21,0	21,0	1,339	1,432	1,086	693	648	928	928	704	14,5	14,5	11,0	6,5	6,5	10,0	31
	20	7,5	5,0	6,0	6,0	3,0	3,0	23,0	23,0	1,323	1,378	0,978	750	720	992	992	704	15,5	15,5	11,0	7,5	7,5	12,0	31
	22	8,0	4,5	6,0	6,0	3,0	3,0	25,0	25,0	1,333	1,333	0,889	792	792	1056	1056	704	16,5	16,5	11,0	8,5	8,5	14,0	32
24	8,5	4,5	6,0	6,0	3,0	3,0	27,0	27,0	1,255	1,333	0,963	918	864	1152	1152	832	18,0	18,0	13,0	9,0	9,0	14,0	32	
6. Вищого ступеня (виключно)	5	6,0	5,0	6,0	6,0	2,0	1,5	7,0	6,5	2,347	1,778	1,600	150	180	352	320	288	5,5	5,0	4,5	1,5	1,5	2,0	28
	8	6,0	5,0	6,0	6,0	2,5	2,0	10,5	10,0	2,133	1,667	1,333	240	288	512	480	384	8,0	7,5	6,0	2,5	2,5	4,0	29
	10	6,0	4,5	6,0	6,0	3,0	2,5	13,0	12,5	2,252	1,600	1,156	270	360	608	576	416	9,5	9,0	6,5	3,5	3,5	6,0	29
	12	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	2,5	15,0	14,5	1,630	1,556	1,259	432	432	704	672	544	11,0	10,5	8,5	4,0	4,0	6,0	30
	14	6,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	17,0	17,0	1,524	1,524	1,143	504	504	768	768	576	12,0	12,0	9,0	5,0	5,0	8,0	30
	15	6,0	5,5	6,0	6,0	3,0	3,0	18,0	18,0	1,616	1,481	1,067	495	540	800	800	576	12,5	12,5	9,0	5,5	5,5	9,0	30
	16	6,5	5,5	6,0	6,0	3,0	3,0	19,0	19,0	1,510	1,500	1,111	572	576	864	864	640	13,5	13,5	10,0	5,5	5,5	9,0	30
	18	7,0	4,5	6,0	6,0	3,0	3,0	21,0	21,0	1,637	1,432	1,086	567	648	928	928	704	14,5	14,5	11,0	6,5	6,5	10,0	31
	20	7,5	4,0	6,0	6,0	3,0	3,0	23,0	23,0	1,653	1,378	0,978	600	720	992	992	704	15,5	15,5	11,0	7,5	7,5	12,0	31
	22	8,0	4,0	6,0	6,0	3,0	3,0	25,0	25,0	1,545	1,374	0,970	704	792	1088	1088	768	17,0	17,0	12,0	8,0	8,0	13,0	32
24	8,5	3,5	6,0	6,0	3,0	3,0	27,0	27,0	1,613	1,333	0,963	714	864	1152	1152	832	18,0	18,0	13,0	9,0	9,0	14,0	32	