

## ЗАЯВА

Я, Званецько Олег Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи MT2427 ННЦ «Мости і тунелі»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Мости і транспортні тунелі»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня магістр

(бакалавр, магістр)

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

„Обґрунтування параметрів буровидувкових робіт при проходці похилих тунелів Ігулецького РЗК”

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання. Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений(а) з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Студент(ка)

Званецько  
(підпис)

Званецько О. М.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата

15.12.21

Керівник ВКР

В. Д. Тетренко  
(підпис)

Тетренко В. Д.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій  
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

**ДОВІДКА**

**про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі**

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР)  
здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

Званейко Олега Мироновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Обґрунтування параметрів буровидбухових робіт при проходці похилих тунелів Інгулецького ТЗК

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

Підпис

(підпис)

Петренко В.Д.

(прізвище, ім'я, по батькові)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Український державний університет науки і технологій**  
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

До захисту:  
Завідувач кафедри ТІ

\_\_\_\_\_ Олексій ТЮТЬКІН  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття ОС «магістр»

Галузь знань                    19 «Архітектура та будівництво»  
Спеціальність                192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
ОПП                                «Мости і транспортні тунелі»

Тема: «Обґрунтування параметрів буровибухових робіт при проходці похилих тунелів Інгулецького ГЗК»

Theme: "Rationale for the parameters of blasting and drilling operations of inclined tunnels at the Ingulets GOK"

Керівник магістерської роботи	<u>Д.т.н., проф.</u> _____ (посада)                    (підпис)	<u>Володимир Петренко</u> (ПІБ)
Консультант розділу з БЖД	<u>К.т.н., доц.</u> _____ (посада)                    (підпис)	<u>Юрій ЗАЯЦЬ</u> (ПІБ)
Нормоконтролер	<u>Д.т.н., проф.</u> _____ (посада)                    (підпис)	<u>Олексій ТЮТЬКІН</u> (ПІБ)
Виконавець, студент групи МТ2127	_____	<u>Олег Іванейко</u> (ПІБ)
Student	(підпис)	<u>Oleh Ivaneiko</u>

2021 р.

					011.МТ2127.МР.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		1

## Реферат

Дипломна робота магістра представлена на \_\_79\_\_ сторінках та містить \_\_20\_\_ рисунків, \_\_18\_\_ таблиць, \_\_43\_\_ літературних джерел.

**Об'єкт дослідження:** похилі тунелі в скельних породах.

**Предмет дослідження:** дослідження та обґрунтування параметрів вибухових робіт.

**Мета роботи** полягає в обґрунтуванні ефективних параметрів буровибухових робіт у похилих тунелях .

В дипломній роботі магістра вирішені наступні **задачі:**

1. Проаналізовані інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови проходки тунельних виробок.
2. Виконано аналіз проблем проходки похилих тунелів буровибуховим способом в міцних скельних породах.
3. Обрано та обґрунтовано застосування машин для ведення проходки буровибуховим способом.
4. Розраховано та розроблено ефективні параметри буровибухових робіт.
5. Обрано та обґрунтовано кращу систему ініціювання зарядів вибухових речовин.
6. Проаналізовано ефективність емульсійних вибухових речовин з позиції безпечного використання.

**Ключові слова:** похилий тунель, гірнична виробка, вибухова речовина, система ініціювання, кисневий баланс, сейсмічна безпека, вруб, шпур, забій, проходка, коефіцієнт міцності, параметри вентиляції.

									Лист
									2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

011.MT2127.MP.2021.000

ніпровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна  
ННЦ «Мости і тунелі» Кафедра «Транспортна інфраструктура»  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
ОПП «Мости і транспортні тунелі»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»:

Завідувач кафедри ТІ

\_\_\_\_\_ О. Л. Тютькін

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**до роботи на здобуття ОС «магістр»**

студента MT2127 \_\_\_\_\_ Іванейка Олега Мироновича \_\_\_\_\_  
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема магістерської роботи «Обґрунтування параметрів буровибухових робіт при проходці похилих тунелів Інгулецького ГЗК»

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету № 615ст від «21» вересня 2021 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи «02» грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи Обґрунтування параметрів буровибухових робіт при проходці похилих тунелів Інгулецького ГЗК, що відбувається в складних інженерно-геологічних умовах, пошук в мережі Internet та спеціалізованій літературі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки) Вступ. Розділ 1. Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва. Розділ 2. Вибір та обґрунтування параметрів буровибухових робіт при проходці похилих тунелів на кар'єрі ІнГЗК. Розділ 5. . Аналіз ефективності використання емульсійних вибухових речовин. Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) Презентаційний матеріал – 8...10 слайдів презентації PowerPoint в якості демонстраційного матеріалу наукового дослідження магістерської роботи.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

										Лист
										3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000					

## 6. Консультанти (з назвами розділів)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	К.т.н., доцент Заяць Ю.Л.		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділу магістерської роботи	Термін виконання розділу магістерської роботи	Примітка (обсяг розділу, %)
1.	Вступ. Розділ 1. Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва.	01.09.2021– 17.10.2021	30 %
2.	Розділ 2. Вибір та обґрунтування параметрів буровибухових робіт при проходці похилих тунелів на кар'єрі ІнГЗК. 3. Аналіз ефективності використання емульсійних вибухових речовин.	18.10.2021– 14.11.2021	60 %
3.	Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.	15.11.2021– 28.11.2021	100 %
4.	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку і рецензії.	29.11.2021– 05.12.2021	100 %

Дата видачі завдання «22» вересня 2021 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

В. Д. Петренко

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

О. М. Іванейко

(ПІБ)

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000					

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ДБН – Державні будівельні норми України

БВР – буровибухові роботи

ДШ – детонуючий шнур

ЗП – засоби підривання

ВМ – вибухові матеріали

ВР – вибухові речовини

НСІ – неелектрична система ініціювання

УНС-ПА – пристрій поверхневий НСІ

УНС-Ш(ШК) – пристрій шпуровий НСІ

N – кількість шпурів, шт.

ЛНО – лінія найменшого опору

МП – миттєве підривання зарядів

КУП – короткоуповільнене підривання зарядів

УП – уповільнене підривання зарядів

e – перевідний коефіцієнт потужності ВР

КВШ – коефіцієнт використання шпура

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння

ЦПТ – циклічно-поточна технологія

ІнГЗК – інгулецький гірничозбагачувальний комбінат

ЕВР – емульсійні вибухові речовини

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОХОДКИ ПОХИЛИХ ТУНЕЛІВ В УМОВАХ ІНГУЛЕЦЬКОГО ГЗК.....	
1.1 Інженерно-геологічні умови Інгулецького ГЗК.....	
1.2 Основні проблеми проходки тунелів буро-вибуховим способом в міцних скельних породах.....	
Висновки по розділу.....	
2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ ПРИ ПРОХОДЦІ ПОХИЛИХ ТУНЕЛІВ НА КАР'ЄРІ ІНГЗК.....	
2.1 Обґрунтування ефективних типів машини для ведення прохідницьких робіт.....	
2.2 Вибір схеми розміщення зарядів та розрахунок параметрів буро-вибухових робіт.....	
2.3 Вибір схеми з'єднання та підривання шпурових зарядів з використанням сучасних систем ініціювання .....	
2.4 Розрахунок параметрів вентиляції для провітрювання забою при веденні буро-вибухових робіт.....	
Висновки по розділу.....	
3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН.....	
3.1 Емульсійні вибухові речовини для підземних робіт.....	
3.2 Розрахунок кисневого балансу газоподібних продуктів при вибуху емульсійних вибухових речовин.....	
3.3 Розрахунок параметрів сейсмічної безпеки при використанні емульсійних вибухових речовин.....	
Висновки по розділу.....	
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУА-	

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

011.МТ2127.МР.2021.000

ЦІЯХ.....

ЗАКЛЮЧНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ДОДАДКИ.....

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості характеризується освоєнням родовищ корисних копалин, як вже існуючих, так і нових, будівництвом гідроелектро-станцій, які в свою чергу зазвичай розташовані в гірських важкодоступних і малообжитих районах. І це зв'язано із необхідністю залізно-дорожнього і автодорожнього будівництва, а саме транспортних тунелів, а також тунелів гідротехнічного призначення.

Також не менше важливою є проблема урбанізації у великих містах, зазвичай це транспортна проблема, різноманітні транспортні розв'язки і пасажирські перевезення, проблема обмежених територій із-за забудови. Для вирішення цих проблем широко застосовують будівництво метрополітенів, підземних вокзалів, торгових центрів, гаражів, складів та різних промислових об'єктів. [2] .

Підземне будівництво, і перш за все тунельне будівництво, стало невід'ємною рисою сучасності. Більшість транспортних тунелів споруджується в скельних породах. Так як відомо, найбільш ефективним способом проходки виробок у міцних і надміцних породах є буровибуховий. Частка буровибухових робіт (БВР) під час підземної розробки складає до 85% від загальної кількості робіт, що пов'язано з універсальністю цього способу й високою продуктивністю руйнування масиву за рахунок енергії вибухових речовин (ВР). Сьогодні буровибуховий метод використовується в прогресивних технологіях будівництва підземних споруд різного призначення. В теперішній час, в багатьох країнах світу існує великий досвід проходки тунелів різного призначення з використанням широкого ряду тунелепрохідницьких механізованих комплексів. Разом із тим, проходка тунелів такими комплексами ускладнюється високою міцністю порід, яка досягає в окремих випадках значень коефіцієнтів міцності в 20 одиниць по шкалі проф. М.М. Протод'яконова. І в таких умовах виникає проблема обладнання робочих органів щитів високоефективними зразками

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

011.MT2127.MP.2021.000

породоруйнуючих інструментів, які армуються твердими матеріалами, наприклад, ВК-6, ВК-8, ВК-10 або штучними алмазними продуктами. [2] .

В сучасних умовах великих досягнень в розробці високопродуктивних бурових прохідницьких станків закордонних фірм, наприклад, Atlas-Copco, Sandvik, Caterpillar та інші. Тому їх використання для обурювання міцних порід, як доведено досвідом роботи на різних об'єктах світу та України, є дуже ефективним та раціональним .

Крім того, в світі, а також в Україні розроблені нові емульсійні вибухові речовини з високим показником енергії для руйнування міцних та надміцних порід. Їх перевагою є також відсутність в них шкідливих складових речовини як тротил, гексоген та інші, що мають негативний вплив на екологічну ситуацію так і безпеку при веденні вибухових робіт як на поверхні так і в підземних умовах. .[13] .

Тому при проведенні прохідницьких робіт, при будівництві похилих тунелів зі складними інженерно-геологічними умовами на кар'єрі Інгулецького гірничозбагачувального комбінату запропоновано використовувати комплекс буровибухових робіт з застосуванням високоефективних бурових установок та вибухових речовин.

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОХОДКИ ПОХИЛИХ ТУНЕЛІВ В УМОВАХ ІНГУЛЕЦЬКОГО ГЗК

## 1.1 Інженерно-геологічні умови Інгулецького ГЗК

Гірничі породи, підземні води і гази при будівництві тунелів являються тим природним середовищем, від якого залежать конструктивні особливості кожного тунелю як гірничої виробки. Тому детальне вивчення гірничо-геологічних умов являється справою першої важливості, тим більше, що проходка здійснюється в самих різних, зазвичай дуже складних гірничо-технічних і гідрогеологічних умовах.

Україна має багаті поклади залізних і марганцевих руд (відповідно 5% і 20% запасів світу), на основі яких розвивається її чорна металургія. Рудні концентрати також вивозять в інші країни. В Україні освоєно 35 родовищ залізних руд осадового і метаморфічного походження. Загальні запаси залізних руд складають 27 млрд. т. Багаті залізні руди зосереджені в Криворізькому залізорудному басейні, Кременчуцькому і Білозерському залізорудних районах, дещо бідніші – у Керченському басейні. [2] .

*Криворізький залізорудний басейн* – один з найбільших залізорудних басейнів світу. Залізні руди тут добувалися ще скіфами в V-IV ст. до н. е. Криворізький басейн приурочений до центральної частини Українського щита і займає площу близько 300 км<sup>2</sup> (Дніпропетровська і частково Кіровоградська області). Основне промислове значення мають магнетитові і залізисті кварцити, в результаті збагачення яких дістають концентрат з вмістом заліза до 65 %. У Кривбасі відомо понад 300 родовищ багатих залізних руд, одним із яких є Ігулецьке родовище, їх загальні розвідані запаси становлять 18 млрд. тонн. [3] .

На даний момент глибина кар'єра Інгулецького Гірничо-Збагачувального Комбіната (ІнГЗК) складає в діапазоні 450÷500м. У зв'язку з цим високопродуктивна видача руди із глибоких горизонтів являється дуже

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

проблематичною. Вирішенням даної проблеми, було будівництво і введення у експлуатацію циклічно-поточної технології (ЦПТ) на кар'єрі ІнГЗК, що включали в себе три похилих тунелю, два із яких є під конвеєрний тракт, а третій це вентиляційна шахта. Дані похилі виробки являються складовою частиною комплексу дробильно-конвеєрної видачі руди з горизонту (-300) і входять в "проект поетапного розвитку гірничих робіт і переробки мінеральної сировини до кінця розробки залізних руд в кар'єрі ІнГЗКа". [5] .

В даній роботі були враховані гірничо-геологічні умови закладення похилих виробок Східного похилого тунелю, Західного похилого тунелю та Вентиляційної штольні №5. При цьому породи в яких вони проходять це :

- залізисті кварцити, міцні та середньої міцності;
- сілікат-магнетитові кварцити, міцні та середньої міцності, середньо-пластинчатої текстури, дрібнозернисті та невеликої в'язкості ;
- магнетитові кварцити, міцні та середньої міцності, середньо-пластинчатої текстури, дрібнозернисті, сильно в'язкі;
- карбонатно-магнетито-сілікатні кварцити, міцні та середньої міцності, середньо- та грубопластинчатої текстури, дрібнозернисті та не великої в'язкості;
- талькові сланці досить м'яккі, невеликої міцності.

Не менш важливим фактором є те, що породи тріщиноваті, а тому появляється приток підземних вод. А саме через тріщини вода, з поверхневих шарів ґрунту, також з водойм, штучних (різні технічні водосховища для потреб ІнГЗК), природніх (річка Ігулець та її притоки), будуть попадати під час проходки у похилі виробки та ускладнювати як і геологічні так і технологічні умови будівництва тунелів.

Також дані породи не являються газоносними тому вони є вибухобезпечними, але являються радіоактивними, але в допустимих нормах. Похилий тунель "Східний" буде мати довжину 700м від пікета ПК 60+50 до ПК67+50. Пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора

						011.МТ2127.МР.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			11

Протодяконова наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора  
Протодяконова похилого тунелю "Східний"

Пікет початок	Пікет кінець	Довжина виробки, м	Міцність по шкалі проф. Протодяконова
ПК 60+50	ПК 60+61	11	11 – 13
ПК 60+61	ПК 60+82	21	15 - 16
ПК 60+82	ПК 61+24	42	14 – 16
ПК 61+24	ПК 61+79	55	16 - 18
ПК 61+79	ПК 62+42	63	14 – 16
ПК 62+42	ПК 62+49	7	19 - 20
ПК 62+49	ПК 63+16	67	18 – 20
ПК 63+16	ПК 64+44	128	19 - 20
ПК 64+44	ПК 65+08	64	16 – 18
ПК 65+08	ПК 65+19	11	12 - 14
ПК 65+19	ПК 65+41	22	9 – 11
ПК 65+41	ПК 65+69	28	14 - 16
ПК 65+69	ПК 65+80	11	11 - 13
ПК 65+80	ПК 66+02	22	9 – 11
ПК 66+02	ПК 66+15	13	2 - 3
ПК 66+15	ПК 66+36	21	12 – 14
ПК 66+36	ПК 66+59	23	11 - 13
ПК 67+59	ПК 67+19	60	12 – 14
ПК 67+19	ПК 67+33	14	10 - 12
ПК 67+33	ПК 67+50	17	11 – 13

Похилий тунель "Вентиляційна штольня №5" буде мати довжину 770м від пікета ПК 50+33 до ПК58+03. Пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора Протодяконова наведено у таблиці 1.2

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

Пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора  
Протодяконова похилого тунелю "Вентиляційна штольня №5"

Пікет початок	Пікет кінець	Довжина виробки, м	Міцність по шкалі проф. Протодяконова
ПК 50+33	ПК 50+57	24	16 - 18
ПК 50+57	ПК 50+69	12	14 - 16
ПК 50+69	ПК 51+54	85	14
ПК 51+54	ПК 52+79	125	14 - 16
ПК 52+79	ПК 53+00	21	9 - 11
ПК 53+00	ПК 53+30	30	14 - 16
ПК 53+30	ПК 53+45	15	11 - 13
ПК 53+45	ПК 53+67	22	9 - 11
ПК 53+67	ПК 54+00	33	13 - 14
ПК 54+00	ПК 54+21	21	11 - 13
ПК 54+21	ПК 54+29	8	2 - 3
ПК 54+29	ПК 54+58	29	9 - 11
ПК 54+58	ПК 55+01	43	11 - 13
ПК 55+01	ПК 55+47	46	14 - 16
ПК 55+47	ПК 55+66	19	11 - 13
ПК 55+66	ПК 56+59	93	14 - 16
ПК 56+59	ПК 57+54	95	12 - 14
ПК 57+54	ПК 57+61	7	11 - 13
ПК 57+61	ПК 57+80	19	14 - 16
ПК 57+80	ПК 57+91	11	16 - 18
ПК 57+91	ПК 58+03	12	18 - 20

Похилий тунель "Західний" довжиною 100м від пікета ПК 65+75 до ПК66+75. Пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора Протодяконова наведено у таблиці 1.3

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

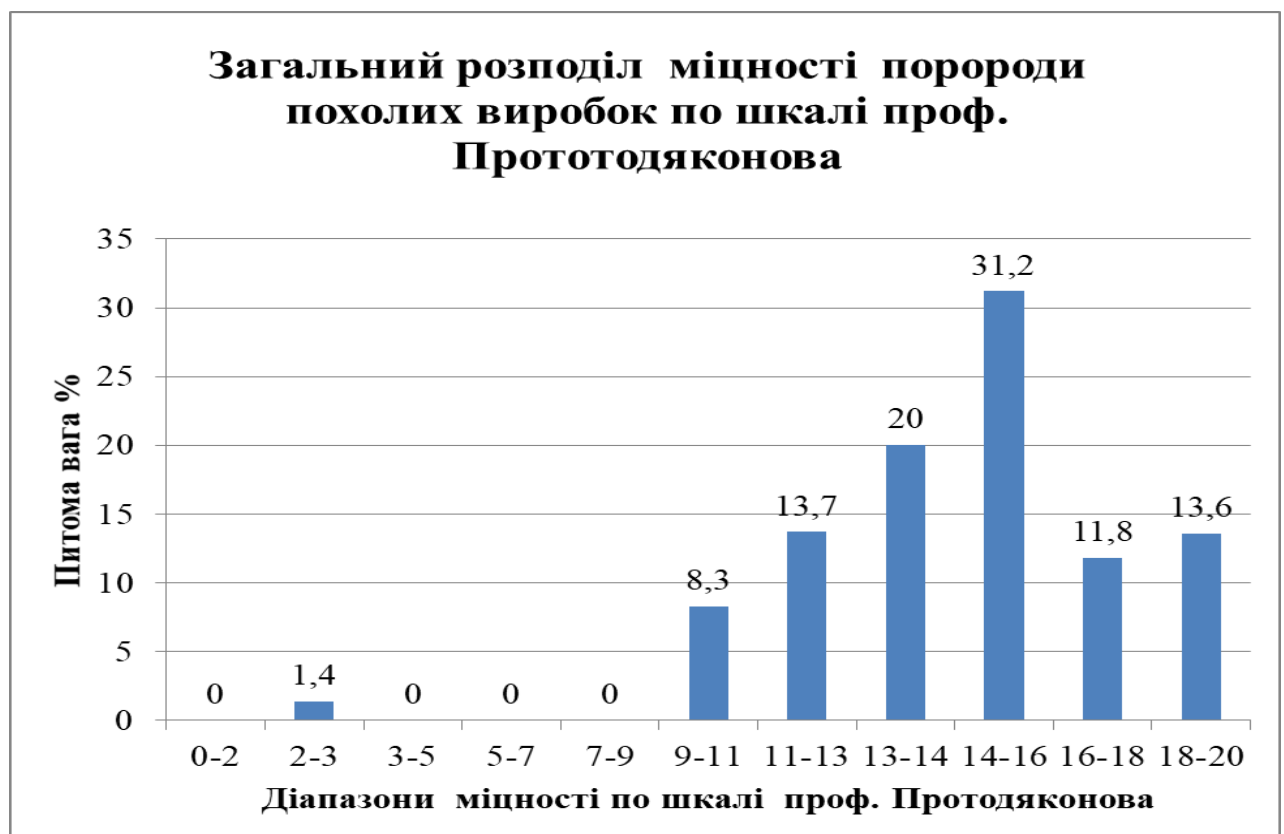
011.MT2127.MP.2021.000

Пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора  
Протодяконова похилого тунелю "Західний"

Пікет початок	Пікет кінець	Довжина виробки, м	Міцність по шкалі проф. Протодяконова
ПК 60+50	ПК 60+61	11	11 - 13
ПК 60+61	ПК 60+82	21	15 - 16
ПК 60+82	ПК 61+24	42	14 - 16
ПК 61+24	ПК 61+79	55	16 - 18
ПК 61+79	ПК 62+42	63	14 - 16

Проаналізувавши дані таблиць пікетажне розподілення коефіцієнта міцності по шкалі професора Протодяконова: похилого тунелю "Східний", похилого тунелю "Західний" та похилого тунелю "Вентиляційна штольня №5" було отримали загальний розподіл міцності породи похилих виробок по шкалі проф. Протодяконова рис.1.1.

Рисунок 1.1



На графіку видно, що гірничо-геологічні умови є досить складними так як класифікації гірничих порід по шкалі міцності проф. Протодяконова відносяться до:

- міцних  $9 \div 11$ , а це 8,3% від усіх похилих виробок;
- дуже міцних  $11 \div 16$ , а це 64,9% від усіх похилих виробок;
- надміцних  $16 \div 20$ , а це 25,4% від усіх похилих виробок;
- досить м'яких  $2 \div 3$ , а це 1,4% від усіх похилих виробок;

До досить м'яких відносяться талькові сланці, пов'язано це з тим, що у даному регіоні також проводиться розробка не тільки залізної руди но і талькових сланців. А тому талькова вертикальна жила перетинає похилі виробки "Східну" на пікеті ПК66+02 по ПК66+15, та "Вентиляційну штольню №5" на пікеті ПК54+21 по ПК54+29.

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 1.2 Основні проблеми проходки тунелів буро-вибуховим способом в міцних скельних породах

Сучасну розробку багатьох типів гірничих порід можливо здійснювати за допомогою вельми ефективних, високопродуктивних і механізованих тунелепрохідницьких комплексів. Разом з тим при проходці тунельних виробок у дуже складних інженерно-геологічних умовах в скельних породах високої міцності виникають проблемні питання, наприклад, ефективності застосування щитових прохідницьких комплексів обладнаних щитами різних типів. Вибір таких прохідницьких щитів залежить від високої вартості та достатньо великої кількості армованих породоруйнуючих засобів у вигляді коронок або фрез. Також додатковим фактором, як технічним так і економічним, виникає потреба можливості транспортування та монтажу щитового комплексу на місці будівництва, що в умовах виробництва є достатньо складним. А тому даний метод при гірничо-геологічних та територіальних умовах ІНГЗК являється економічно недоцільним. [5] .

У зв'язку із тим, у сучасних умовах існує світова практика використання буровибухових робіт при проходці тунелів, особливо великої протяжності. На основі цього розроблено технологію застосування високопродуктивного буровибухового способу, у тому числі із використанням новоавстрійської технології. [7] .

У теперішній час при впровадженні циклічно-поточної технології, особливо на кар'єрах Кривбасу, при розробці залізних руд високої міцності, яка суттєво перевищує максимальну величину категорії міцності порід проф. Протодяконова, що дорівнює  $f=20$ .

Тому будівництво комплексу циклічно - поточної технології (ЦПТ) ІНГЗК дозволяє підтримувати досягнуту потужність кар'єру по розробці залізної руди на довгий термін. При цьому необхідно виконати такі будівельні об'єми, як виїмка близько  $183000\text{м}^3$  гірничої породи, укладка  $28000\text{м}^3$  бетону, монтаж  $7000\text{т}$  обладнання та металоконструкцій. [5] .

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

011.MT2127.MP.2021.000

Схема розвитку гірничо-капітальних робіт при будівництві підземних гірничих виробок ЦПТ ІнГЗК наведена на рис.1.2.

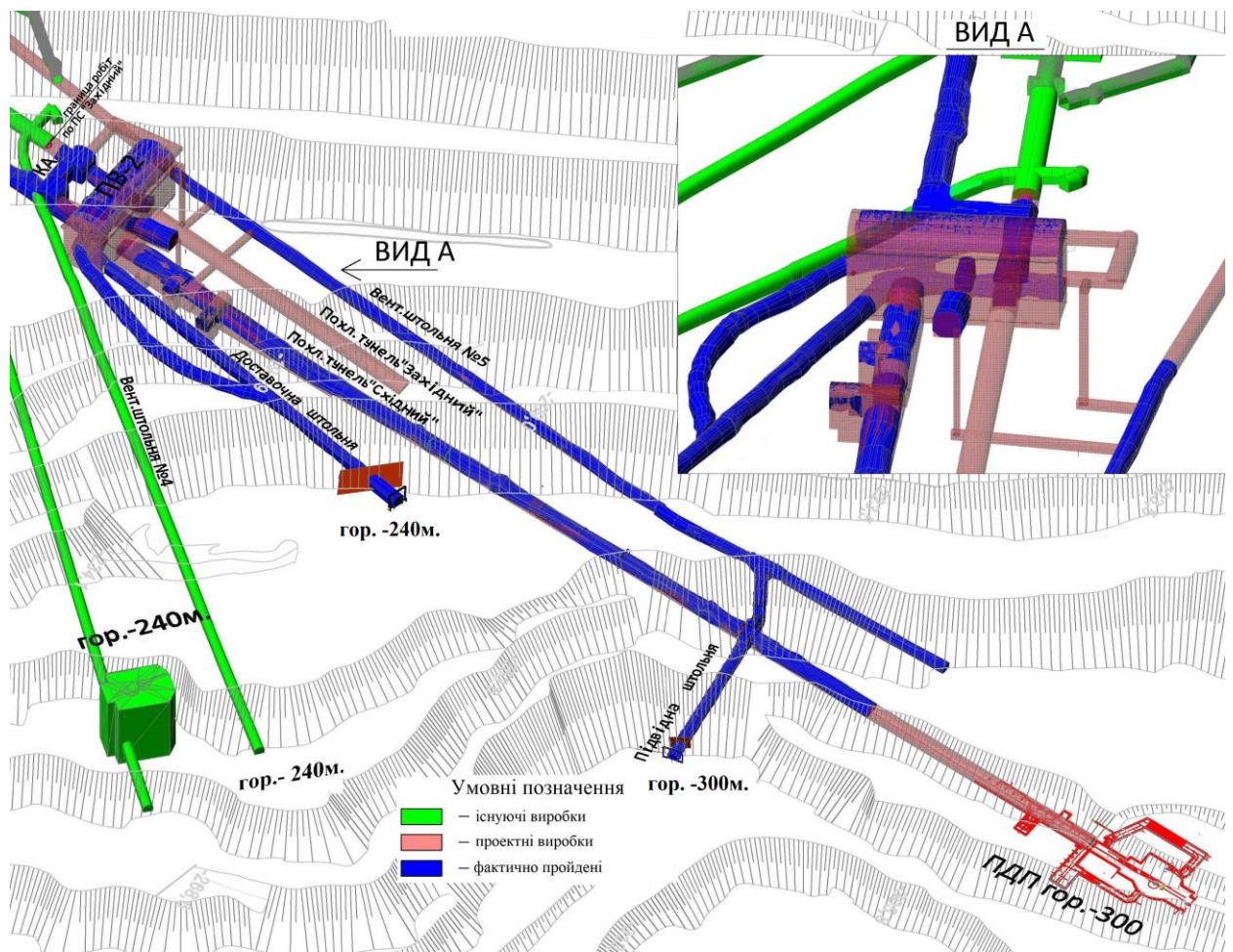


Рисунок 1.2 Схема розвитку гірничо-капітальних робіт при будівництві підземних гірничих виробок ЦПТ ІнГЗК наведена на рис.1.2.

Як видно із даної схеми гірничо-капітальних робіт при будівництві підземних гірничих виробок ЦПТ ІнГЗК необхідно було пройти наступні виробки:

- доставочна штольня гор. -240м (поперечним перерізом -  $15,3\text{м}^2$  , шириною - 4,2м та висотою - 3,97м);
- підвідна штольня гор. -300м (поперечним перерізом -  $15,3\text{м}^2$  , шириною - 4,2 м та висотою - 3,97м);
- вентиляційна штольня №5 (поперечним перерізом -  $15,3\text{м}^2$  , шириною - 4,2 м та висотою - 3,97м);



## Висновки по розділу

1. Проходка похилих тунелів в міцних гірських породах являється одним із найскладніших видів інженерного будівництва, що потребує докладного і різностороннього вивчення особливостей гірничо-геологічних умов масива, в границях якого намічається проходка тунеля особливо у дуже складних інженерно-геологічних умовах.

2. У визначених умовах необхідно вирішити задачу вибору ефективної технології ведення буровибухових робіт і проходки похилих тунелів у найміцніших гірських породах, яка являється досить складною, коли необхідно обґрунтувати типи прохідницьких машин, обрати найбільш ефективну схему обурювання поперечного перерізу виробки, величину заходки і глибину шпурів, тип та відносну витрату вибухових матеріалів і засобів ініціювання зарядів.

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУРОВИБУХОВИХ РОБІТ ПРИ ПРОХОДЦІ ПОХИЛИХ ТУНЕЛІВ НА КАР'ЄРІ ІНГЗК

### 2.1 Обґрунтування ефективних типів машин для ведення прохідницьких робіт

На сьогоднішній день існує багато виробників гірничої техніки, як для розробки корисних копалин, так і для підземного будівництва. Провідними з яких є: Caterpillar (виробництво США), Sandvik (виробництво Фінляндії), ATLAS-COPCO (виробництво Швеції), Komatsu Mining (виробництво Японії). При проходці похилих тунелів, для будівництва циклічно-поточної технології із застосуванням буровибухових робіт було запропоновано використовувати бурові та пордонавантажувальні роботи. Для цього необхідно використовувати сучасні самохідні бурові установки та високопродуктивні навантажувачі для підземних робіт.

Основними критеріями вибору були:

- висока продуктивність робочих органів при високій міцності гірських порід;
- самохідність, маневреність та здатність рухатись під нахилом, так як виробки є похилими (14 - 15°);
- можливість швидкого технічного нагляду та професійного ремонту вразі необхідності при їх експлуатації.

Проаналізувавши усі умови, було зроблено вибір шведської компанії ATLAS-COPCO (сьогодні Epiroc) та її бурових установок типу Boomer M2C і Boomer 282 та навантажувально-доставочної машини Scooptram ST1030. Перша установка використовувалась для буріння шпурів у забої на величину заходки, а друга для буріння шпурів під анкера тимчасового кріплення, а також шпурів для проходки різних технологічних ніш.

Бурова самохідна двох стрілова електрогідравлічна установка Boomer M2C (рис.2.1,2.2) - це електрогідравлічна бурова установка з двома потужни-

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000				

ми стрілами BUT 35SL, що розрахована на швидке і високоточне буріння при проходці тунелів і камер з поперечним розміром до 62 м<sup>2</sup>. Надана установка обладнана гідравлічною буровою системою та іде в конфігурації з захисним козирком. Установку можуть використовувати для обурювання забоїв , проходки поперечних виробок (ортів) та буріння під анкерне кріплення. Вона має такі переваги при будівництві тунелів:

- комп'ютеризовані засоби діагностики знижують час обслуговування;
- управляється комп'ютерною системою управління (RCS), яка дає можливість вибору кількох рівнів автоматизації;
- перфратори COP 1838 або COP 1638 забезпечені подвійною системою амортизації і використовуються для різних типів гірських порід;
- вона має маніпуляторні стріли з великою оптимізованою зоною покриття вибоїв і повною автоматикою паралельності податчиків;
- для переміщення установки використовується дизельний двигун, що характеризується малим викидом, що дає не значну дію на зовнішнє середовище;
- кабіна оператора обладнана по стандарту FOPS, що забезпечує проти-вібраційну та шумову безпеку персоналу, який проводить обурювання.



Рисунок 2.1 –Бурова електрогідравлічна установка Boomer M2C

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

011.MT2127.MP.2021.000



Рисунок 2.2 – Бурова установка Boomer M2C при роботі в тунелі  
Технічна характеристика установки наведені в табл. 2.1

Таблиця.2.1

Технічна характеристика бурової установки Boomer M2C

Продуктивність маслостанції	12,5 л/с
Площа обурювання	10 – 62 м <sup>2</sup>
Кут нахилу виробки при русі	1 : 4
Перфоратор	2 x COP 1838ME
Число стріл	2
Стріла	BUT 35SL
Подовження стріли	1 250 мм
Загальна довжина податчика	Мах 7 977 мм
Глибина шпура	Мах 6 140 мм
Двигун	Deutz
Потужність	120 кВт
Крутний момент	270 Нм
Ширина	2 245 мм
Висота	3 010 мм
Довжина	14 044 мм
Радіус повороту(зовнішній)	7 200 мм
Радіус повороту (внутрішній)	4 400 мм
Маса	21 500 кг
Кліренс	265 мм

Бурова самохідна двострілова електрогідролічна установка Boomer 282 (рис.2.3) - це гідролічна прохідницька установка з двома стрілами, що призначена для тунелів малого і середнього перетину (до 42 м<sup>2</sup> ), а також буріння в забої під анкерне кріплення. Вона забезпечена потужною системою прямого управління. Для підвищення продуктивності Boomer 282 обладнана двома гнучкими стрілами BUT 29 і перфраторами COP. Вона має такі переваги при будівництві тунелів:

- перфратори COP 1838 або COP 1638 забезпечені подвійною системою амортизації і використовуються для різних типів гірських порід;
- в гідролічній системі DCS присутня функція протизаклинювального бурового складу;
- максимальний кут повороту стріли +45°/-25°;
- в конструкції стріли BUT 28 використовується система вимірювання кута подачі (FAM1)



Рисунок 2.3 – Бурова електрогідролічна установка Boomer 282  
Технічна характеристика бурової установки наведені в табл. 2.2

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

## Технічна характеристика бурової установки Boomer 282

Продуктивність маслостанції	12,5 л/с
Площа обурювання	8 – 45м <sup>2</sup>
Перфоратор	2 х COP 1838ME
Число стріл	2
Стріла	BUT 28
Подовження стріли	1 250 мм
Загальна довжина податчика	Мах 6 507 мм
Глибина шпура	Мах 4 625 мм
Двигун	Deutz
Потужність	58 кВт
Крутний момент	270 Нм
Ширина	1 990 мм
Висота	3 000 мм
Довжина	11 830 мм
Радіус повороту(зовнішній)	5 700 мм
Радіус повороту (внутрішній)	2 800 мм
Маса	18 300 кг
Кліренс	290 мм

Не менш значимим є те, що на обох бурових установках використовується гідравлічний перфоратор COP 1838 ME (рис.2.4), який застосовують для бурових робіт при проходці гірничих виробок і тунелів, з використанням шпурів діаметром 38 - 76 мм. Він здатний забезпечити високу швидкість буріння у поєднанні із збільшеним терміном служби бурового става. Основними особливостями даного перфоратора є:

- розмір поршня відмінно поєднується із буровою штангою, що забезпечує передачу найбільшої енергії удару без пошкодження штанг;
- сучасна система подвійного гашення зворотної хвилі забезпечує найкращий контакт бурової коронки з породою під час удару, що забезпечує передачу максимальної енергії на руйнування породи без ризику розкручення різьби бурового става;
- потужний реверсивний гідромотор обертателя забезпечує високий крутний момент і дозволяє легко змінювати швидкість обертання штанги при зміні міцності породи для більш ефективного буріння і мінімального

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000					



Навантажувально-доставочна машина Scooptram ST1030 (рис. 2.5) – це високопродуктивна дизельна машина, призначена для навантаження та транспортування: руди, ґрунту, породи та різних механізмів. Ефективно використовується при проходці підземних виробках великого та середнього перерізу. Завдяки особливим шарнірним з'єднанням конструкції машини, персувається виробками швидко та маневрено. Вона має такі переваги при будівництві тунелів:

- обладнана резервною гальмівною системою та автоматичною трансмісією;
- обладнана дизельним двигуном Cummins, що робить викиди в атмосферу мінімальними;
- можливість великого підйому стріли забезпечує просте та швидке навантаження самоскидів;
- комфортність робочого місця для оператора забезпечується пневмопідвіскою сидіння і ричагів управління ;
- кабіна оператора шумоізольована від навколишнього середовища;
- для спостереження під час роботи, обладнана трьома камерами (переднього, бокового та заднього виду) і двома моніторами у кабіні оператора.



Рисунок 2.5 – навантажувально-доставочної машини Scooptram ST1030 при роботі в тунелі

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

011.MT2127.MP.2021.000



## 2.2 Вибір схеми розміщення зарядів та розрахунок параметрів буровибухових робіт

Під час проходки похилих тунелів буровибуховим способом потрібно забезпечити: задану форму й розміри поперечного перерізу виробок; рівномірне дроблення породи і її кучне розташування біля лоба забою, що сприяє підвищенню продуктивності навантаження; високий коефіцієнт використання шпурів  $\eta$ , що дає можливість передбаченого паспортом БВР просування забою. . [42]

Ефективність проходки тунелів значною мірою залежить від правильного вибору основних параметрів відносних витрат ВР, лінії найменшого опору (ЛНО), кількості, довжини, діаметра і схем розміщення шпурів, маси й конструкції зарядів.

Нижче наведений порядок і методика визначення параметрів БВР для звичайного й контурного підривання зарядів.

Порядок розрахунку зарядів наступний:

1. Вибір типу ВР і засобів ініціювання (ЗІ) у відповідності з типом порід, що підриваються.
2. Вибір типу бурового обладнання.
3. Встановлення глибини шпурів в залежності від тривалості цих технології проходки, діаметра шпура (в залежності від бурового обладнання та діаметра патрона ВР).
4. Визначення об'єму породи, що підривається за одну заходку
5. Визначення питомої витрати вибухової речовини.
6. Визначення маси шпурового заряду при умові, що довжина колонки заряду не перебільшує  $2/3$  довжини шпура.
7. Визначення загальної кількості шпурів .
8. Вибір типу врубу та схеми розміщення шпурів. Спершу розміщують врубові шпури, а потім, на площині вибою, що залишився, розташовують допоміжні, тобто відбійні та контурні. Об'єм породи, що відбивається та

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

відносить на один врубовий шпур, повинен бути в 3-4 рази менше, ніж для відбійного шпура, оскільки врубові заряди працюють в умовах інтенсивного «затиску» та однієї вільної поверхні та їх глибина повинна бути на 10÷20 см більше інших.

9. В підсумку виконують визначення загальної витрати вибухової речовини, засобу ініціювання, об'єму буріння, фактичної питомої витрати, посування вибою за цикл та інші показники, що зводять в таблицю параметрів БВР. Схема розміщення шпурів надається в трьох проекціях з нумерацією шпурів, з зазначенням відстані між шпурами та кутів похилу, глибин шпурів. . [17]

Розрахунок параметрів ведеться по еталонній вибуховій речовині- амоніт №6 ЖБ

Заміна амоніту №6 ЖБ на інші ВР проводиться з урахуванням перевідних коефіцієнтів потужності (e) ВР, що застосовуються.

Вибухові речовини які застосовуються, перевідні коефіцієнти (e) та умови їх застосування наведено в табл. 3.1. [36]

Таблиця 2.5

Вибухові речовини, які використовуються, перевідні коефіцієнти (e) і умови їх застосування

№ п/п	Назва ВР	Коефіцієнт (e)	Умови використання ВР
1	Амоніт №6 ЖВ	1,0	Сухі і обводнені шпури
2	Амоніт скельний №1	1,0	Сухі і обводнені шпури
3	Україніт	0,9	Сухі і обводнені шпури
4	Гремікс-М	0,9	Сухі і обводнені шпури
5	Анемікс	0,9	Сухі і обводнені шпури

Згідно проекту проходки похилих виробок Інгулецького ГЗК і наявності бурового обладнання для проведення БВР було застосовано:

- буріння шпурів діаметром 45 мм;
- використання ВР Анемікс- П, в патронуваному вигляді з діаметром 32 мм і масою 250 г.

Параметри БВР розраховано згідно з навчальним посібником Г. Н. Полянкіна «Буровзрывныеработы в тоннелестроении» (Учебник для вузовж.д. транспорта.-М:ГОУ), «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007-375с. [17]

Параметри БВР повинні забезпечувати: високий коефіцієнт використання шпурів при вибуху, якісне руйнування ґрунту при оптимальних об'ємах бурових робіт, мінімум переборів по контуру виробки , рівномірне подрібнення ґрунту й компактність навалу його біля забою.

Значення параметрів залежать від енергетичних властивостей ВР, що використовуються, фізико-механічних характеристик порід, площі поперечного перерізу виробки, глибини заходки і способу підривання. . [17]

Для проведення розрахунку параметрів БВР спочатку визначається : глибина заходки -  $l_{зах}$  , а потім задається коефіцієнт використання шпура -  $\eta$  . При контурному підриванні в залежності від міцних характеристик ґрунту в міцних породах ( $f > 8$ )  $\eta = 0,85 \div 0,87$ .

Приймаємо  $\eta = 0,86$ . По нормативним вимогам фактична величина  $\eta$  визначається в результаті проведення трьох дослідних вибухів.

Глибина комплексу відбійних шпурів  $l_k$  визначається по формулі:

$$l_k = \frac{l_{зах}}{\eta} \quad (2.1)$$

Прийняв  $l_{зах} = 2,0$ м, отримаємо  $l_k = \frac{2,0}{0,86} = 2,3$ м

Далі було прийнято тип врубу і його параметри та розроблено схеми розміщення зарядів рис.2.6. Враховуючи складні інженерно – геологічні умови було застосовано вертикальний клиновий вруб з десяти шпурів та з додатковою розгрузкою з п'яти шпурів щоб підсилити дію звільнивши прості для роботи вруба.

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				



$$q_0 = \left( 0,3\sqrt{18} + \frac{2}{\sqrt{27}} \right) \times 0,9 \times 2 \times 1,0 = 2,96 \text{ кг/м}^3.$$

На основі рекомендацій Н.Г. Полянкіна ( див. табл. 3 .10 на стор. 272, джерело [17]) приймаємо середню питому витрату ВР при коефіцієнті міцності по шкалі Протодяконова для ґрунтів  $f=16-18$   $q_0 = 1,7 \text{ кг/м}^3$ .

При розрахунку параметрів контурного підривання необхідно визначити величину лінії найменшого опору (ЛНО) відбійних шпурів по наступній формулі:

$$W_0 = 52k_3 d_3 \sqrt{\frac{\rho}{\gamma e \omega}} \quad (2.3)$$

Де  $k_3$  - коефіцієнт затиску ( $k_3 = 0,7 \div 0,9$ ), приймаємо  $k_3=0,8$ ;  $d_3$ - діаметр заряду ВР,  $d_3=0,032\text{м}$ ;  $\rho$ - щільність ВР,  $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $\gamma$ -щільність ґрунту,  $\gamma=2500 \text{ кг/м}^3$ ;  $e$ - коефіцієнт еквівалентності ВР,  $e=1,0$ ;  $\omega$ - коефіцієнт структури і тріщинуватості скельних ґрунтів,  $\omega=0,6 \div 2,0$ ; приймаємо  $\omega=2$  для слаботріщинуватих порід.

Таким чином:

$$W_0 = 52 \times 0,8 \times 0,032 \sqrt{\frac{1000}{2500 \times 1,0 \times 2,0}} = 0,2985\text{м}$$

Кількість шпурів і масу зарядів для контурного підривання рекомендується визначати по наступних формулах:

а) контурні:

- кількість шпурів

$$N_k = \frac{P_k}{a_k} + 1 \quad (2.4)$$

- маса заряду , кг

$$q_k = L_k k_k \quad (2.5)$$

б) відбійні:

- кількість шпурів

$$N_{\text{відб}} = \frac{1,27 q_0 S_{\text{відб}}}{d_3^2 k_{\text{зап}} \rho k_{\Delta}} \quad (3.6)$$

						011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			32

- маса заряду , кг

$$q_{\text{відб}} = \frac{q_0 S l_{\text{зах}} - q_k N_k}{N - N_k} \quad (3.7)$$

в) **врубіві:**

- кількість шпурів  $N_{\text{вр}}$  - по схемі врубу;

- маса заряду  $q_{\text{вр}} = (1,15 \dots 1,25) q_{\text{відб}}$

В цих формулах прийняті наступні позначення:

$P_k$ -периметр виробки по лінії контурних шпурів  $P_k = 16,33\text{м}$ .

$a_k$ - відстань між контурними шпурами , що визначаються по наступній методиці: при коефіцієнті міцності по Протод'якову  $f=16-18$  для монолітних ґрунтів  $a_k = 0,3\text{м}$ ; для слаботріщинуватих  $a_k = 0,4\text{м}$ ; для сильнотріщинуватих  $a_k = 0,5\text{м}$ . Приймаємо  $a_k = 0,4\text{ м}$ ;  $k_k$ -лінійна маса заряду в контурних шпурах ( $k_k=0,2\div 0,45\text{ кг/м}$ ); приймаємо  $k_k=0,4\text{ кг/м}$ ;  $k_{\text{зап}}$  - коефіцієнт заповнення шпура ( $k_{\text{зап}}=0,5\div 0,8$ ); приймаємо  $k_{\text{зап}}=0,75$ ;  $k_{\Delta}$  - коефіцієнт ущільнення при зарядженні , що приймається рівним 1,0 для патронованих ВР;  $S_{\text{відб}}$ - площа перерізу забою, що підривається відбійними зарядами,  $\text{м}^2$ ; [36]

$$S_{\text{відб}} = S - \left( \frac{P_k S_k}{m} + W_0 P_{\text{п}} + S_{\text{вр}} \right); \quad (3.8)$$

де  $m$  - коефіцієнт зближення контурних зарядів в залежності від міцності ґрунту ,  $m = 0,6\div 1,0$ ; приймаємо  $m = 0,8$ .

Зробивши підстановку вказаних параметрів в формулу  $S_{\text{відб}}$  , отримаємо

$$S_{\text{відб}} = 27,0 - \left( \frac{16,328 \times 0,4}{0,8} + 0,2985 \times 8,3 + 2,0 \right) = 13,827\text{м}^2$$

Розраховуємо кількість шпурових зарядів та їх масу при контурному підривання :

а) контурні :

- кількість шпурів:

$$N_k = \frac{16.328}{0.40} + 1 = 34 \text{ шт}$$

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- маса заряду:

$$q_k = 2.5 \times 0.4 = 1.0 \text{ кг}$$

Приймаємо 4 патрони довжиною 1,0 м і масою 1,0 кг.

б) відбійні

- кількість шпурів:

$$N_{\text{відб}} = \frac{1,27 \times 2,55 \times 13,827}{0,032^2 \times 0,8 \times 1200 \times 1,0} = 58,6 \text{ шт}$$

Приймаємо 59 шт.

- маса заряду:

$$Q_{\text{відб}} = \frac{2,55 \times 27,0 \times 2,0 - 1,0 \times 42}{96 - 42} = 1,465 \text{ кг}$$

Приймаємо 6 патронів довжиною 1,5 м і масою 1500 кг.

в) врубіві:

- кількість шпурів: по схемі врубіві -  $N_{\text{вр}} = 6$  шт;

- маса заряду:  $q_{\text{вр}} = (1,15 \div 1,25)q_{\text{вр}} = 1,2 \times 1,3 = 1,5912$  кг Приймаємо 6,5 патронів довжиною 1,625 м і масою 1,625 кг.

На рисунку 2.7 показано конструкції зарядів шпурів: контурного, відбійного та врубіві з використанням вибухових матеріалів Анемікс – П, як для основного заряду так і для патронбойовка.

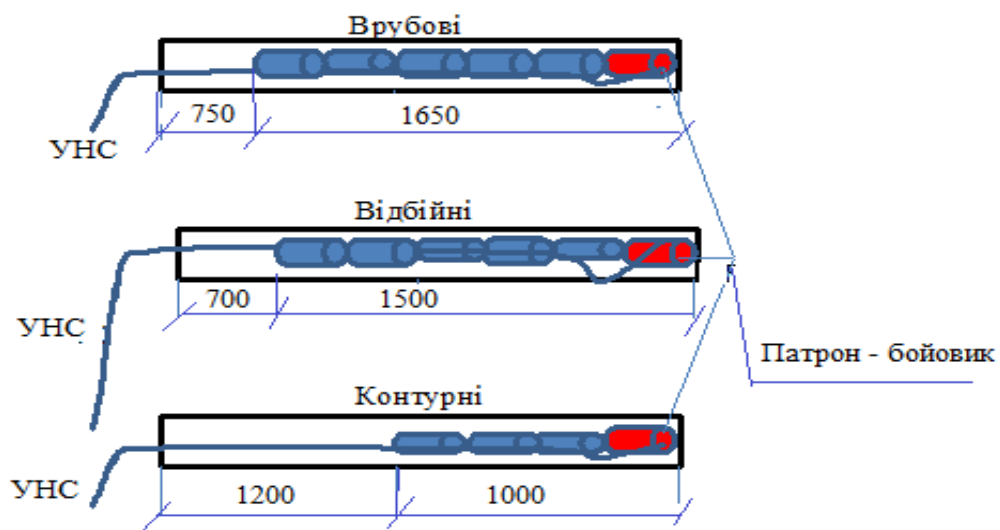


Рисунок 2.7 – Конструкція шпурових зарядів

## 2.3 Вибір схеми з'єднання та підривання шпурових зарядів з використанням сучасних систем ініціювання

На сьогодні найефективнішою і найбезпечнішою системою ініціювання вибухових матеріалів як у світі, так і в Україні є неелектрична система ініціювання (НСІ). Так як позиції безпеки електричний спосіб має значні недоліки по можливості їх нерегламентованого підривання різними токами, включаючи струм наведення, струм витoku, блукаючий струм та інші. При підриванні за допомогою детонуючих шнурів та короткоуповільнених пристроїв типу КУДШ було достатньо складно отримати чіткі кількісні уповільнення, а особливо в конструкції подовженого свердловинного або шпурового зарядів. [35].

Тому за останні десятиліття були розроблені та впроваджені в роботу, як в Україні та усьому світі неелектрична система ініціювання шпурових і свердловинних зарядів з використанням систем обладнання підвищеної безпеки та простих в експлуатації, що забезпечуючи безвідмовне підривання зарядів в складних інженерно-геологічних умовах. Крім того, їх використання дозволило складати високоточні системи короткоуповільненого та уповільненого підривання з широким діапазоном інтервалів уповільнення. НСІ являється системою підривання підвищеної безпеки завдяки відсутності ініційованих вибухових речовин в їх пристроях. Їх можна використовувати для підривання шпурових зарядів із штатних ВР на земній поверхні, а також в підземних виробках, небезпечних по газу або пилу. [35].

Основними системами НСІ вибухової речовини які широко використовують в складних інженерно-геологічних умовах, а також при проходці тунелів в міцних породах є такі як: Дінашок фірми «Динаміт Нобель» (Німеччина), Нонель фірми «Діно-Нобель» (Швеція), СИНВ виробництва «НМЗ Ікра» (Росія), Прима-ЕРА виробництва «Павлоградський хімічний завод» (Україна), Імпульс виробництва «ШКЗ Імпульс» (Україна).

На сьогодні в Україні існує дві системи неелектричного ініціювання

									Лист
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата					

011.MT2127.MP.2021.000

вибухових речовин: Прима-ЕРА виробництва «Павлоградський хімічний завод» (м. Павлоград) та Імпульс виробництва «ШКЗ Імпульс» (м.Шостка).

Система Прима-ЕРА є водостійкою із підвищеної безпекою щодо виробництва і вживання, призначена для ініціації проміжних детонаторів і патронів-бойовиків при веденні вибухових робіт на денній поверхні, у забоях підземних виробок при будівництві тунелів, а також під водою, дозволяє створювати схеми миттєвого і сповільненого вибуху із широким діапазоном інтервалів уповільнення. Основні дані системи наведені табл. 2.6. [35].

Таблиця 2.6

Характеристики НСІ «Прима-ЕРА»

Найменування показника	Значення показника
1. Довжина хвилеводу, м	від 2 м....
2. Водостійкість при температурі $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , на добу - елементів Прима-ЕРА-Д, Прима-ЕРА-СД, Прима-ЕРА-Т при тиску 0,4 МПа; - елементів Прима-ЕРА-С на глибині 0,5м	7, не менше
3. Стійкість до вібронавантаження при амплітуді коливань (5 - 10) мм з частотою 50 Гц, хв	10, не менше
4. Термостійкість, годин: а) елементів Прима-ЕРА-Д, Прима-ЕРА-СД, Прима-ЕРА-Т до температурного впливу; - мінус $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$ і плюс $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$ ; - плюс $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ; б) елементів Прима-ЕРА-С до температурного впливу мінус $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$	48, не менше 1, не менше 48, не менше
5. Сприятливість до ініціювання імпульсу	Повна
6. Ініціююча здатність, що забезпечує передачу імпульсу від КД №6 до шести хвилеводів	Повна
7. Стійкість до статичного розтягуючого навантаження 5 кгс, приклад. до хвилеводу з КД. при $T=(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;	120, не менше
8. Час уповільнення системи, мс	= уповільненню КД
9. Стійкість до дії агресивних середовищ, діб: - дизельне паливо, індустриальне мастило; - розчин аміачної селітри (67%)	14, не менше 35, не менше

Ця система може комплектуватися різними типами елементів: Прима-ЕРА-С- з'єднувач (конектор), Прима-ЕРА-Д-детонатор, Прима-ЕРА-СД-подвійна. [35].

Конструкція Прима-ЕРА-С пластикового конектора (рис.2.7) дозволяє здійснювати комутацію до шести хвилеводів, а також за необхідності проводити перекомутацію мережі, виконувати роботи в зимовий час і забезпечувати виключення руйнування поверхневої комутуючої мережі.



Рисунок 2.7 –Конектори

Прима-ЕРА-С і Прима-ЕРА-Д призначені для сумісного використання при комутації вибухової мережі під час ведення вибухових робіт на денній поверхні. Характеристика Прима-ЕРА-С наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Характеристика Прима-ЕРА-С (КД №6)

Час уповільнення КД, мс	Колір конектора
0	зелений
9	коричневий
17	жовтий
25	червоний
42	білий
67	синій
109	чорний
176	помаранчевий

Прима-ЕРА-Д - детонатор внутрішньосвердловинний призначений для ініціювання проміжних детонаторів та патронів-бойовиків, є комплектом, що

складається із КД №8 уповільнення від 0 до 400 мс з інтервалом 100мс, від 400 до 500 мс з інтервалом 25 мс і хвилеводу. [35].

Прима-ЕРА-Т(тунельна), це комплект, що складається з КД №8 із уповільненням від 100 до 400 мс з інтервалом 100 мс, від 400 до 500 мс – із інтервалом 25 мс, від 500 до 6000 мс – із інтервалом 500 мс, від 6000 до 9000 мс- із інтервалом 1000 мс і хвилеводом. Система призначена для ведення вибухових робіт у підземних гірничих виробках безпечних за газом і пилом.

Прима-ЕРА-ТМ (тунельний посиленої дії) застосовується при вибухових роботах із використанням водовміщуваної вибухової речовини, що чутлива до дії капсуль-детонатора (КД). Це комплекс, що складається із КД №8 із уповільненнями 100, 200, 300, 500, 1000, 1500, 2000, 3500, 4000 мс, ущільнювальної втулки та відрізка хвилеводу певної довжини (від 2м і більше) помаранчового кольору. [35].

Хвилевід системи Прима-ЕРА , призначений для передачі детонаційної хвилі від ініціюючого пристрою до капсуля-детонатора, є порожнистою пластиковою трубкою блакитного, жовтого або помаранчевого кольору із зовнішнім діаметром  $(3,00 \pm 0,15 \text{ мм})$  при міцності лінійних навантажень до 120кг. На внутрішню поверхню трубки нанесена активна речовина масою 20 мг/п.м довжини; швидкість передачі імпульсу – до 2000 м/с.

Збудження ініціюючого імпульсу в хвилеводі може здійснюватися від стандартних капсуль-детонаторів типу КД № 6, КД №8 (рис.2.8), електродетонаторів, детонуючих шнурів із навішуванням не менше 6 г/м, а також від високоенергетичної іскри потужністю не менше 5 Дж. Передача детонації від одного хвилеводу до іншого неможлива без КД №6. [35].



										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000					



Рисунок 2.8 – Хвилеводи системи Прима-ЕРА:

1-Прима-ЕРА-Д (внутрішньосвердловинна); 2-Прима-ЕРА-С (поверхнева);  
3-Прима-ЕРА-СД (подвійна); 4-Прима-ЕРА-Т, Прима-ЕРА-Тм (тунельна).

НСІ Прима-ЕРА являється засобом ініціювання підвищеної безпеки. Завдяки низькій чутливості до блукаючих струмів, дозволяє здійснювати вибухові роботи без знеструмлення енергетичного устаткування. Перевагами НСІ Прима-ЕРА є низька чутливість до механічної дії, простота і надійність монтажу вибухової мережі, підвищеної безпеки при зберіганні, транспортуванні та використанні, а також можливо застосовувати з детонуючим шнуром. Дозволяє за рахунок створення короткоуповільнених вибухів вправно керувати процесами руйнування гірських порід, зменшувати сейсмічну та повітряно-ударну небезпеку.

Неелектрична система ініціювання «ІМПУЛЬС» є водостійкою із підвищеною безпекою що до виробництва і вживання, призначена для сповільнення ініціювання бойовиків шпурових і свердловинних зарядів при вибухових роботах з розробки скальних порід при температурі повітря від мінус 40°C до 60°C

Для системи ініціювання ІМПУЛЬС розроблені як пристрої поверхневого уповільнення УНС-П і УНС-ПА, так і шпурові пристрої свердловинного уповільнення УНС-Ш і УНС-ШК.

Шпурові пристрої НСІ дозволяють створювати схеми миттєвого і уповільненого підриву із широким діапазоном інтервалів уповільнення. Час уповільнення УНС-ШК (з капсулом-детонатором КД-ШК) наведені у табл.2.8.

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

011.МТ2127.МР.2021.000

Час уповільнення шпурових пристроїв УНС-ШК (з капсулем-детонатором КД-ШК)

Тип пристрою з часом уповільнення	Тип КД з часом уповільнення	№ серії уповільнення	Час уповільнення, мс	Граничні значення часу уповільнення, мс	Колір маркування КД	Висота маркування, мм
УНС-Ш-0	КД-ШК-0	0	0	0,1 - 3,0	без фарби	5 - 2
УНС-Ш-20	КД-ШК-20	1	20	18 - 32	блакитний	
УНС-Ш-40	КД-ШК-40	2	40	38 - 52	жовтий	
УНС-Ш-60	КД-ШК-60	3	60	53 - 67	білий	
УНС-Ш-80	КД-ШК-80	4	80	68 - 87	сірий	
УНС-Ш-100	КД-ШК-100	5	100	88 - 112	чорний	
УНС-Ш-125	КД-ШК-125	6	125	115 - 137	червоний	
УНС-Ш-150	КД-ШК-150	7	150	138 - 162	зелений	
УНС-Ш-175	КД-ШК-175	8	175	163 - 187	коричневий	10±4
УНС-Ш-200	КД-ШК-200	9	200	188 - 212	блакитний	
УНС-Ш-250	КД-ШК-250	10	250	226 - 274	жовтий	
УНС-Ш-300	КД-ШК-300	11	300	276 - 324	білий	
УНС-Ш-350	КД-ШК-350	12	350	326 - 374	сірий	
УНС-Ш-400	КД-ШК-400	13	400	376 - 424	чорний	
УНС-Ш-450	КД-ШК-450	14	450	426 - 474	червоний	
УНС-Ш-500	КД-ШК-500	15	500	476 - 548	зелений	
УНС-Ш-600	КД-ШК-600	16	600	550 - 622	коричневий	20±4
УНС-Ш-700	КД-ШК-700	17	700	630 - 714	блакитний	
УНС-Ш-800	КД-ШК-800	18	800	720 - 820	жовтий	
УНС-Ш-900	КД-ШК-900	19	900	825 - 920	білий	
УНС-Ш-1000	КД-ШК-1000	20	1000	925 - 1100	сірий	
УНС-Ш-2000	КД-ШК-2000	21	2000	1500 - 2300	чорний	
УНС-Ш-3000	КД-ШК-3000	22	3000	2450 - 3300	червоний	
УНС-Ш-4000	КД-ШК-4000	23	4000	3400 - 3300	зелений	
УНС-Ш-5000	КД-ШК-5000	24	5000	4400 - 5300	коричневий	30±4
УНС-Ш-6000	КД-ШК-6000	25	6000	5400 - 6300	блакитний	
УНС-Ш-7000	КД-ШК-7000	26	7000	6400 - 7400	жовтий	
УНС-Ш-8000	КД-ШК-8000	27	8000	7500 - 8500	білий	
УНС-Ш-9000	КД-ШК-9000	28	9000	8600 - 9700	сірий	
УНС-Ш-10000	КД-ШК-10000	29	10000	9800 - 11000	чорний	

Шпурові пристрої УНС-Ш неелектричної системи ініціювання ІМПУЛЬС водостійкі, підвищеної безпеки, призначаються для уповільнення ініціації бойовиків шпурових і свердловинних зарядів при проведенні вибухових робіт.

Даний пристрій це капсуль-детонатор (КД) з уповільненням розміщений в товсту металеву втулку, які герметично з'єднана з відрізком хвилеводу. КД призначені для миттєвого або уповільненого ініціювання елементів вибухової мережі. В пристроях використовуються хвилеводи жовтого кольору з довжиною від 2,0÷15,0м який є ініціюючими елементами та служать для трансляції ініціюючого імпульсу до капсуля-детонатора. Зовнішній вигляд пристроїв наведений на рисунку 2.9.

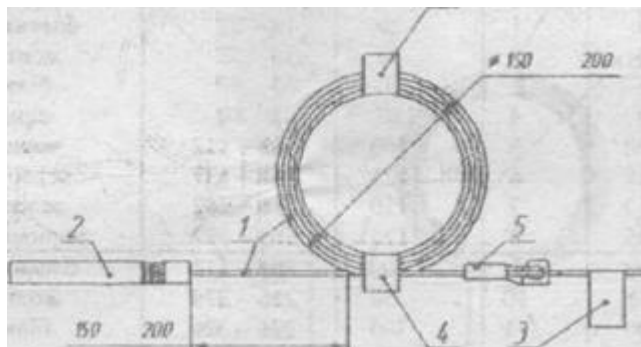


Рисунок 2.9 Зовнішній вигляд шпурових пристроїв

1- хвилевід; 2 - капсуль - детонатор; 3 - ярлик або етикетка; 4 - бандероль;  
5 - з'єднувач для детонуючих шнурів.

Шпурові пристрої мають сприйнятливність до ініціюючого імпульсу, що забезпечує підрив від пристроїв УНС-П або УНС-ПА. Але вони є значно обмеженими у кількості об'єднаних шпурових пристроїв за допомогою з'єднувачів на один пристрій підривання, так для пристрою УНС-П максимальна кількість УНС-Ш або УНС-Ш складає до 8 штук, рис.2.10, а для УНС-ПА число УНС-Ш або УНС-Ш дорівнює лише до 5 штук, рис.2.11.

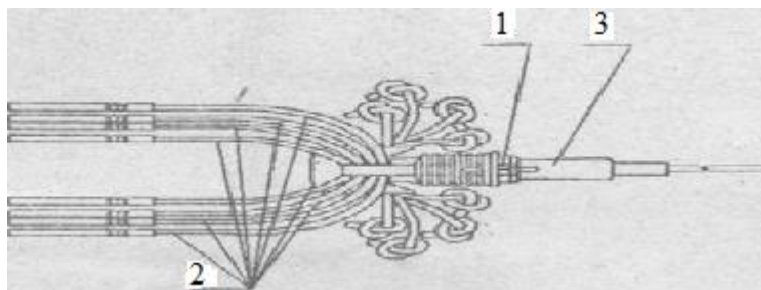


Рисунок 2.10 Схема ініціювання шпурових пристроїв від пристрою УНС-П  
1 - капсуль-детонатор пристрою УНС-П ; 2- хвилеводи шпурових пристроїв;  
3 - з'єднувач типу І.

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

011.MT2127.MP.2021.000

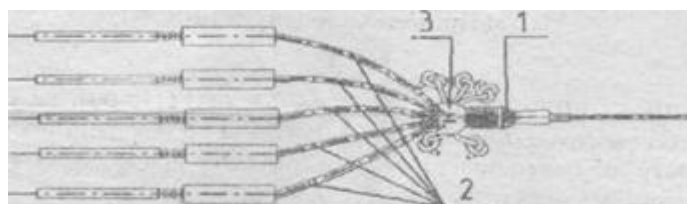


Рисунок 2.11 Схема ініціювання шпурових пристроїв від пристрою УНС-ПА  
 1 - капсуль-детонатор пристрою УНС-ПА; 2 - хвилеводи шпурових пристроїв;  
 3 - з'єднувач типу П.

Основні технічні та експлуатаційні параметри неелектричної системи ІМПУЛЬС наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Основні технічні та експлуатаційні параметри неелектричної системи  
 ІМПУЛЬС

Параметри	Значення
Зовнішній діаметр хвилевода, мм	3,2±0,2
Маса ВР у хвилеводі, мг/м	20
Швидкість передачі ініціюючого сигналу по хвилеводу, мс	2000
Водостійкість при гідростатичному тиску 0,1 МПа	6 годин (з'єднання КД-УНС-Ш з хвилеводом, вільний кінець якого знаходиться над водою)
Довжина хвилевода, м	2,0; 4,4; 6,0; 9,0; 15,0
Температурні умови застосування, °С	Від -40 до +80 при дії температури до +120°С впродовж 1 год
Кількість рівнів уповільнення	30
Діапазон уповільнень, мс	від 0 до 10000
Гарантований термін зберігання, роки	2
Кількість серій внутрішньосвердловинні уповільнення	9
Кількість серій поверхневих уповільнень	8
Міцність хвилеводу на розрив, Н	200
Кількість хвилеводів, що одночасно ініціюються, від одного поверхневого сполучного блоку	5- для УНС-ПА 6- для УНС-П
Наявність первинного ВВ, що ініціює, в свердловинному КД	немає
Наявність первинного ВВ, що ініціює, в поверхневому КД	УНС-П – немає УНС-ПА - так



Враховуючи технічні та експлуатаційні можливості неелектричної системи ініціювання Імпульс, монтаж і комутація вибухової мережі відбувається наступним чином: кінці хвильоводів УНС-Ш чи УНС-ШК, що виступають із отворів шпурів, після закінчення зарядки вибуховими матеріалами, їх збирають у пучки (не більше 20 штук), стягують пластиковими хомутами та обв'язуються вузлом із детонуючого шнура. Після обв'язування всіх отриманих пучки із хвильоводів, оба кінця зводяться до місця з'єднання з дитонатором (можна електродетонатором) рис. 2.14.

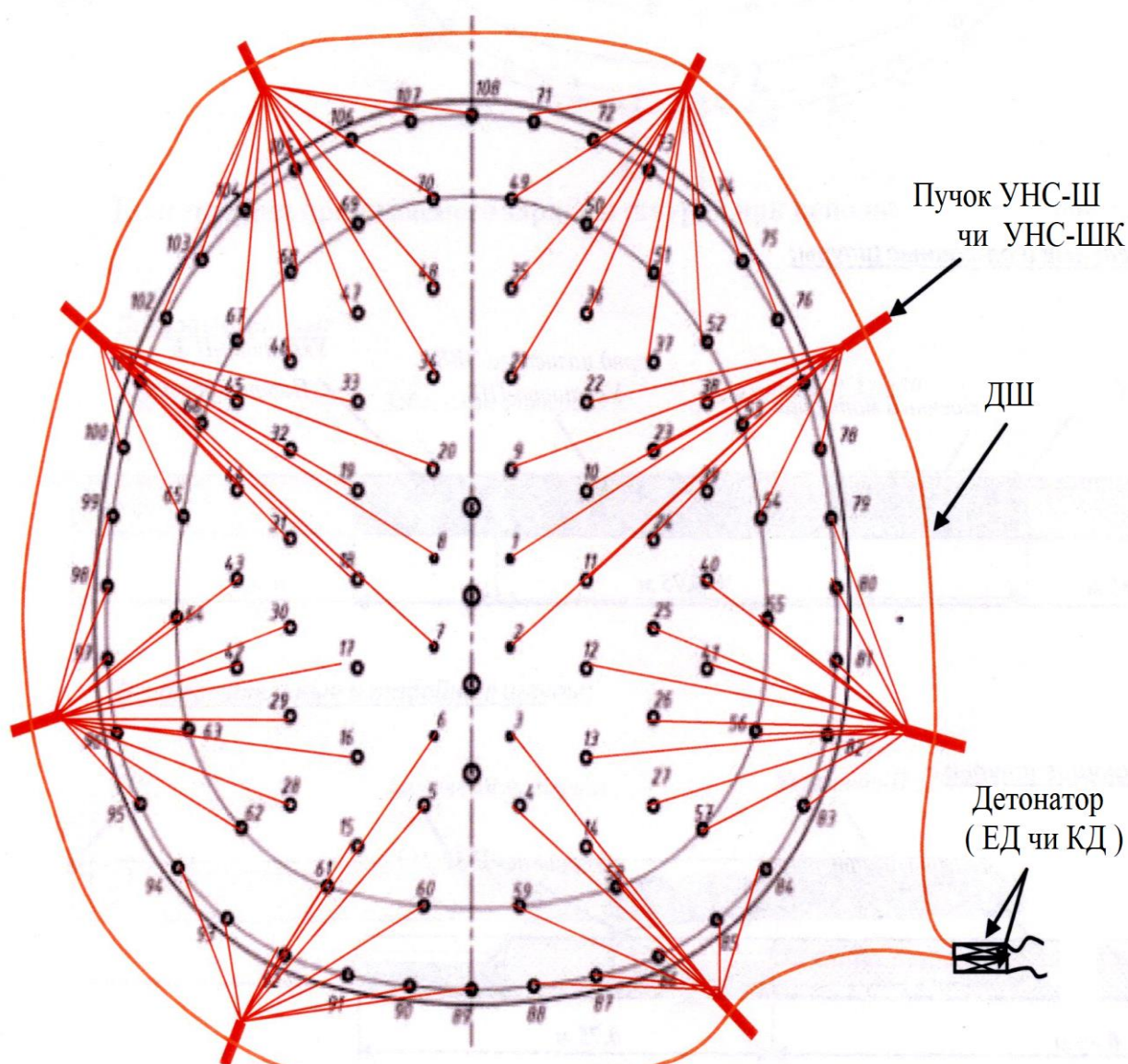


Рисунок 2.14 Схема комутації вибухової мережі

						011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			44

### Переваги системи ІМПУЛЬС:

- відносно висока міцність з'єднання (80 Н) на розрив КД з хвилеводом, що забезпечує надійність системи;
- водостійкі здатні зберігати працездатність після витримки у воді при гідростатичному тиску 0,4 МПа впродовж 6 діб;
- використовуються більше безпечні проміжні детонатори;
- значно розширює можливості регулювання часових характеристик дії вибухів;
- безпечні у використанні;
- можливість застосування системи ІМПУЛЬС у комбінації ДШ з високою продуктивністю та простотою монтажу та комутації .

Враховуючи переваги неелектричної системи ініціювання Імпульс її було застосовано для ведення вибухових робіт, при проходці похилих тунелів на Інгулецькому ГЗК.

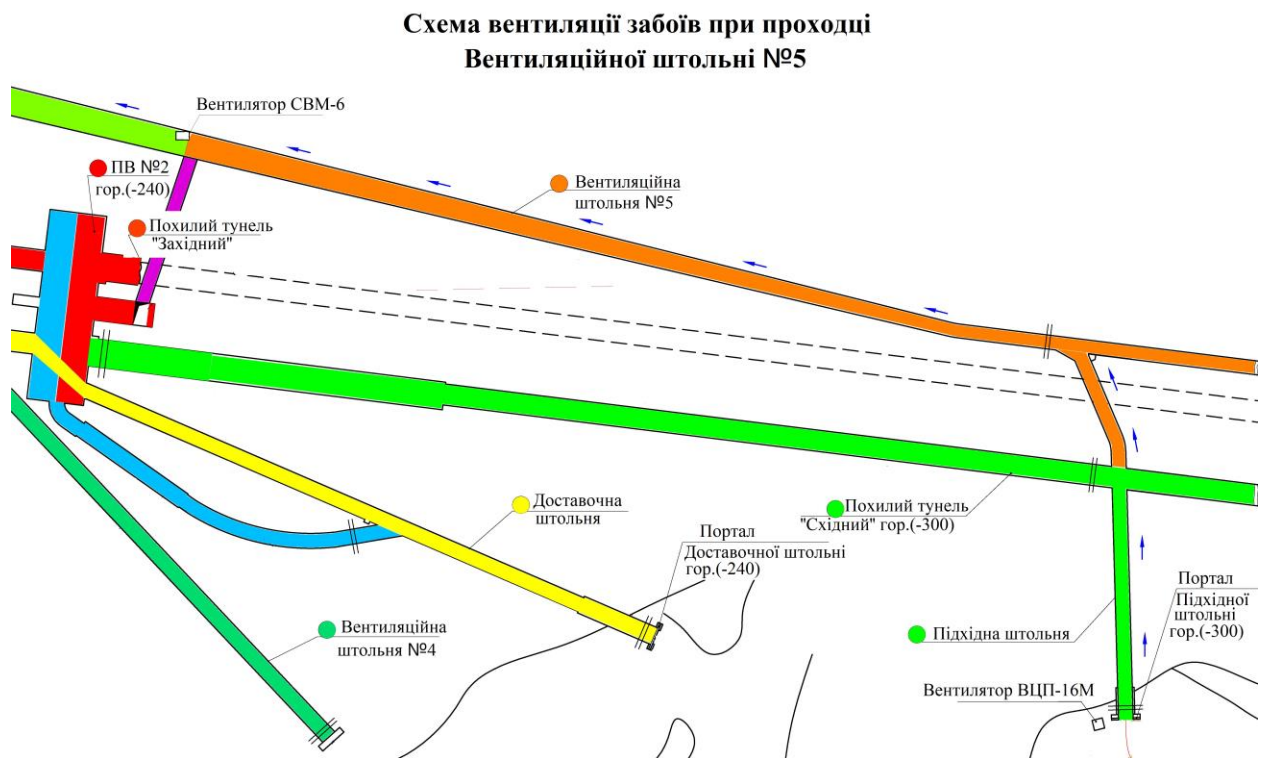
					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

### 3.4 Розробка схеми та розрахунок параметрів вентиляції з використанням машини головного провітрювання

При проведенні виробки в підземних умовах однією з основних задач, є необхідність забезпечити достатню кількість повітря в нормальних умовах, як для життєвого забезпечення персоналу, так і роботи машин.

Провітрювання похилого тунелю (Вентиляційної шахти №5) виконується по нагнітальній схемі, оскільки виробка проходиться буровибуховим способом. Максимальна довжина даної виробки, що провітрюється, досягає 770 м (довжина виробки від порталу на горизонт -300м до забою). Для цього було розроблено схему вентиляції (рис. 2.15) та розрахунок параметрів.

Рисунок 2.15



Розрахунок необхідної кількості повітря при провітрюванні похилого тунелю виконується згідно з параграфом 109 «Єдиних правил безпеки при розробці рудних, нерудних та розсіпних родовищ підземним способом» по наступних факторах:

- мінімальній швидкості повітряного струменю;
- пиловому фактору;

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

- кількості шкідливих продуктів вибуху;
- кількості вихлопних газів від двигунів внутрішнього згорання(ДВЗ);
- найбільшій кількості людей, що одночасно зайняті на підземних роботах.

I. Розрахунок по мінімальній допустимій швидкості повітряного струменю виконується по наступній формулі:

$$Q_{\min} = V_{\min} \cdot S, \quad (2.20)$$

де,  $V_{\min}$ - мінімально допустима швидкість повітряного струменю в виробці при температурі до  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{\min}=0,25$  м/с;  $S$ -поперечний переріз виробки,  $S=15,3\text{м}^2$ .

Тобто,

$$Q_{\min} = 0,25 \times 15,5 = 3,88 \text{ м}^3/\text{с} = 232,5 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

II. Розрахунок по пиловому фактору. Оскільки буріння шпурів виконується буровою установкою Atlas-Copco із водяним змочуванням продуктів буріння та додатком поверхнево-активних речовин, що мають високу змочувальну спроможність, то розрахунки по пиловому фактору проводимо по наступній формулі:

$$Q_{\Pi} = q \times N_{\Pi} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4, \quad (2.21)$$

де,  $q = 1,2$  м<sup>3</sup>/с - нормативна витрата повітря на 1 перфоратор;  $N_{\Pi} = 4$  - число одночасно працюючих перфораторів;  $K_1 = 1$  - коефіцієнт, що враховує умови буріння шпурів;  $K_2 = 1$ - коефіцієнт, що враховує спосіб провітрювання;  $K_3 = 1$  - коефіцієнт, що враховує засоби диспергування пилу;  $K_4 = 1$  - коефіцієнт, що враховує ефективність змочування пилу.

Тобто,

$$Q_{\Pi} = 1,2 \times 4 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 4,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

III. Розрахунок по кількості шкідливих продуктів вибуху.

Даний розрахунок виконується по формулі статичного розрідження шкідливих газів у продуктах вибуху:

$$Q_{\text{В}} = \frac{100 \cdot A \cdot b}{t \cdot C}, \quad (2.21)$$

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000					

де,  $t$  - час провітрювання,  $T=1800$  с (30 хв);  $A$ - кількість ВР на один вибух (на цикл),  $A= 80,0$  кг;  $b$  - загазованість при підриванні породи,  $b= 65,0$  л/кг при  $f=16-18$  (за шкалою проф. Протодяконова);  $C$ - допустима концентрація по оксиду вуглицю ( $CO$ ),  $C= 0,008\%$  ( $100$  мг/м<sup>3</sup>).

Тобто,

$$Q_B = \frac{100 \times 80,0 \times 65}{30 \times 100} = 173,33 \text{ м}^3/\text{хв} = 2,89 \text{ м}^3/\text{с}$$

**IV.** Розрахунок по найбільшій кількості газів від машин з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ).

Виконується по наступній формулі:

$$Q_{\text{ДВЗ}} = W \cdot n, \quad (2.22)$$

де,  $W$ - потужність двигуна навантажувально-доставочної машини ST-1030,  $W=250$ к.с.;  $n$ - необхідна кількість повітря на 1 к.с.,  $n=5$ м<sup>3</sup>/хв.

Тобто,

$$Q_{\text{ДВЗ}} = 250 \times 5 = 1250 \text{ м}^3/\text{хв} = 21 \text{ м}^3/\text{с}.$$

**V.** Розрахунок по найбільшій кількості людей, що працюють на підземних роботах за зміну:

$$Q_{\text{Л}} = m \cdot n, \quad (2.23)$$

де,  $n$ - найбільша кількість людей, що одночасно знаходяться в забої за зміну,  $n=10$  чоловік;  $m$ - мінімальна кількість повітря на одну людину,  $m=6$  м<sup>3</sup>/хв.

Тобто,

$$Q_{\text{Л}} = 10 \times 6 = 60 \text{ м}^3/\text{хв} = 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для розрахунку продуктивності вентиляторів для провітрювання виробки приймаємо найбільше значення кількості повітря за секунду, тобто по потужності ST-1030 –  $Q_{\text{ДВЗ}} = 21 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Продуктивність вентилятора:

$$Q_B = \rho \cdot Q_{\text{розр}}, \quad (3.24)$$

де,  $\rho=1,05$  – коефіцієнт витоку повітря в трубопроводі.

Тобто,

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

011.MT2127.MP.2021.000

$$Q_B = 1,05 \times 21 = 22,05 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Величина напору, що створюється вентилятором:

$$h = R \cdot Q_B^2, \quad (3.25)$$

де, R- аеродинамічний опір трубопроводу, що розраховується по формулі:

$$R = \frac{6,5 \times \alpha \times L_T}{d^5}, \quad (3.26)$$

де,  $\alpha$ - коефіцієнт аеродинамічного опору трубопроводу,  $\alpha=0,0003$ ;  $L_T$ - загальна довжина трубопроводу,  $L_T=590\text{м}$ ; d- діаметр трубопроводу,  $d=1,0\text{м}$ .

Тобто,

$$R = \frac{6,5 \times 0,0003 \times 590}{1,0^5} = 1,15,$$

Тоді,

$$h = 1,15 \times 22,05^2 = 560 \text{ мм вод.ст.},$$

Таким чином, потрібен вентилятор головного провітрювання з загальним натиском не менше 5600 Па.

В результаті розрахунку потрібного натиску по вихлопних газах двигуна внутрішнього згорання навантажувально-доставочної машини ST1030 отримуємо наступне заключення, що при середньому натиску в 5600 Па ( 560 мм вод.ст.), що створюється вентилятором ВЦП-16М (рис.2.16,2.17), потрібний напір повітря забезпечується при загальній довжині трубопроводу не більше 590 м.



Рисунок 2.16 – Вентилятор ВЦП-16М

									Лист
									49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000				

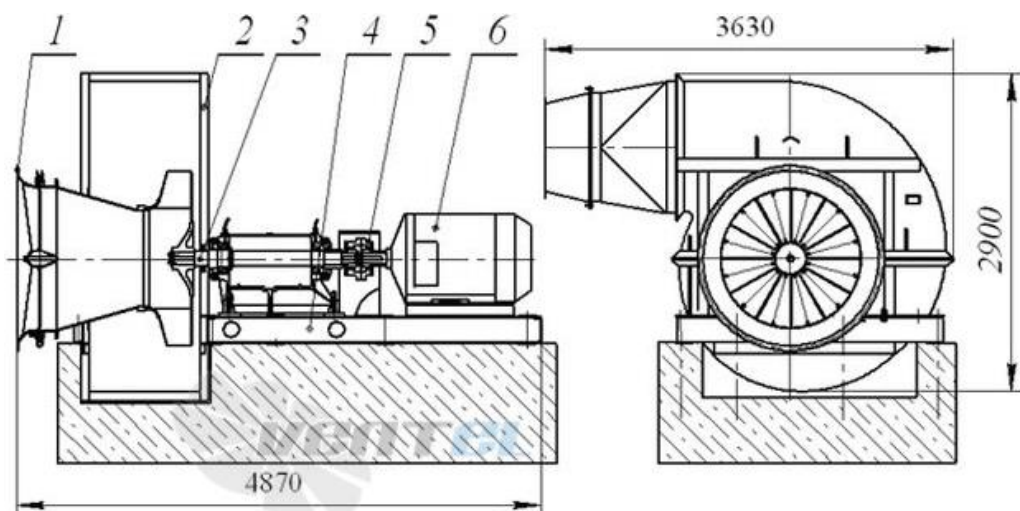


Рисунок 2.17– Схема вентилятора ВЦП-16М: 1- направляющий аппарат; 2- корпус; 3-ротор; 4- рама; 5- муфта; 6- электродвигун.

Технічні характеристики вентилятора наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Технічна характеристика вентилятора ВЦП-16М

Діаметр робочого колеса, мм	1600
Продуктивність в границях робочої зони, $\text{м}^3/\text{с}$	10÷46
Тиск в границях робочої зони, Па	2000 - 9200
Коефіцієнт корисної дії	0,83
Частота обертання робочого колеса, $\text{мин}^{-1}$	500;750;1000;1500
Потужність чотирьох швидкісного електродвигуна, кВт	60;90;120;200
Габаритні розміри	
довжина, мм	4627
ширина, мм	3720
висота, мм	2940
Вага вентилятора, кг	7765

Так як довжина виробки вентиляційної шахти №5 складає 770м, тому для забезпечення потрібного напору повітря у при забійній зоні при довжині трубопроводу більше 590м, необхідно через кожні 34м додатково установити

осьові вентилятори СВМ-6 (рис 2.18). Завдяки їм у трубопроводі забезпечується додатковий середній тиск 2100 Па ( $\approx 210$  мм.вод.ст.)



Рисунок 2.18 – Вентилятор СВМ-6

Технічні характеристики вентилятора наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

<b>Основні технічні дані вентилятора СВМ-6</b>	
Діаметр робочого колеса, мм	630
Подача в робочій зоні, м <sup>3</sup> /с	2,3-8
Повний тиск в робочій зоні, Па	3400-750
Максимальний ККД	0,68
Потужність двигуна, кВт	24
Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	3000
Габаритні розміри, мм	
довжина	1100
ширина	750
висота	925
Маса вентилятора, кг	375

## Висновки по розділу

1. На основі вивчених даних з літератури по сучасним машинах гірничої промисловості для досягнення високої продуктивності ведення буровибухових робіт було вирішено питання виконання бурових робіт і навантажувально - транспортних. За рахунок вибору високопродуктивних та маневрених бурових установок Boomer 282 та Boomer M2C та навантажувано-доставочної машини ST 1030 при веденні робіт у складних інженерно - геологічних умовах.

2. На основі аналізу параметрів вибухових робіт було розроблено схему обурювання забою та визначено необхідну кількість вибухівки на один забій, обґрунтовано конструкцію шпурового заряду, що в подальшому дозволить краще застосовувати буровибухову технологію

3. При порівнянні характеристик систем неелектричного ініціювання "Імпульс" та "Прима Ера" було встановлено що вони в однаковій мірі є ефективними і безпечними при використанні, але з невеликою перевагою у використанні в даних умовах, при веденні вибухових робіт є система "Імпульс" так як у неї краща взаємодія в роботі з детонуючим шнуром, що значно спрощує технологію та пришвидшує процес комутації зарядів.

4. При роботі вентиляції прийнята величина параметрів провітрювання, була обумовлена роботою транспортних машин з двигуном внутрішнього згорання і вона становить  $20 \text{ м}^3 / \text{с}$ . На основі цих даних була розроблена схема провітрювання та підібрана машина центрального провітрювання. що здатна забезпечити необхідною кількістю повітря на весь період проходки виробок.

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000					

## **3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕМУЛЬСІЙНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН**

### **3.1 Емульсійні вибухові речовини для підземних робіт**

Великого значення у розвитку в країнах світу, в тому числі і в Україні для екологічно чистих вибухових речовин стало створення емульсійних ВР (ЕВР). За останні 30 років ЕВР стали революційним досягненням науки, що змінило концепцію організації і проведення вибухових робіт на гірських і тунелебудівних підприємствах при цьому стимулюючи розвиток нових видів сировини, обладнання для виробництва вибухових матеріалів та зарядної техніки. [23] .

Перспективність застосування емульсійних ВР визначається також і тим, що на їх основі з'явилася можливість вирішити практичні завдання створення нових ВР, які відповідали б сучасним вимогам гірничодобувної і тунелебудівної промисловості.

До складу емульсійних ВР не входять вихідні матеріали, що класифікуються як ВР, лише в кінцевій стадії приготування вони набувають вибухові властивості. ЕВР практично не являються чутливі до випадкового ініціювання від тертя, механічних впливів або вогню та є набагато безпечними у виробництві, ніж інші промислові ВР. Також, вони не містять в своєму складі високотоксичних речовин. [27] .

В основному рецептури ЕВР, які застосовуються в різних країнах світу, є подібними. Вони являють собою концентровані (80÷90%) дисперсії водних розчинів солей окислювачів в середовищі вуглеводнів, що містять домішок емульгатора. Головною відмінністю є тип використовуваного емульгатора та способу сенсibiliзації емульсійної матриці: введенням мікросфер (фізичний спосіб) або шляхом газогенерації (хімічний спосіб). Так, наприклад, в якості газогенеруючого додатка використовують перекис водню. А в якості пального компонента при отриманні ЕВР можуть використовуватися традиційні компоненти: мазут, дизельне паливо, індустриальні масла, а також

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53



Достатньо ефективним вибуховими речовинами, які відповідають сучасним вимогам ведення вибухових робіт є емульсійні ВР типу «Анемікс». Вони призначені для заряджання шпурів і свердловин будь-якого рівня обводнення, пробурених в породах різної міцності. При їх використанні в свердловинах не потрібні поліетиленові рукава. Для надійного ініціювання таких ВР достатньо однієї шашки масою 200 г або патрона масою 250 г. Фізико-хімічні показники ЕВР Анемікса наведено у таблиці 3.2. [35].

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники Анемікса

Показники	Анемікс -80	Анемікс -70	Анемікс П
Розрахункові			
Теплота вибуху, ккал/кг (кДж/кг)	770 (3 231)	743 (3 117)	714
Троїловий еквівалент по теплоті вибуху	0,76	0,73	0,72
Температура вибуху, °С	2060	2163	2098
Обсяг газів, л/кг	1009	1004	890
Кисневий баланс, %	мінус 0,98	мінус 0,98	-1,5 ÷ +0,5
Експериментальні			
Швидкість детонації, м/с	5000÷5100	4800÷5000	5500
Щільність, г/см <sup>3</sup>	1,21±0,1	1,22±0,1	1,03÷1,20
Критичний діаметр, мм	80	90	15-20
Чутливість до удару по ГОСТ 4545: нижня границя на приладі 2	500	500	500
Частота вибуху на приладі 1, %	0	0	0
Чутливість до тертя; нижня границя на приладі, К 44-Ш, кгс/см <sup>2</sup> , не менше	1186	1186	3600
Детонація заряду в паперовій (поліетиленовій) оболонці діаметром не менше 100 мм від тротилової шашки масою 400 г	повна	повна	повна
Водостійкість за 24 год, кг/м <sup>2</sup> , не більше	0,1	0,1	0,05

З аналізу даних (табл.3.2) щільність заряджання складає 1,20-1,22 г/см<sup>3</sup>, критичний діаметр заряду 80-90 мм, кількість газів, що виділяються під час вибуху складає 1009 л/кг ВР, швидкість детонації понад 5000 м/с. Така

висока швидкість підривання досягається завдяки великій площі контакту окислювача з паливної фазою та оптимальному розподілу бульбашок азоту. При використанні «Анеміксу» практично відсутні оксиди азоту, що достатньо зменшує прості забої при провітрюванні. Промислові випробування такої ВР (більше 45 тис. т) показали, що її застосування дозволяє повністю відмовлятися від тротиловмісних ВР практично виключити ймовірність виникнення профзахворювань у взривперсонала, знизити до мінімуму забруднення ґрунтових вод і атмосфери при підготовці та провадженні масових вибухів і забезпечити ефективне подрібнення порід будь-якої міцності і обводнення, зменшити вартість вибухових робіт. Ця вибухова речовина повністю відповідає вимогам, в частині безпеки, універсальності, надійності, зручності в роботі і обслуговуванні, а також вартісних показників. Тому саме ЕВР «Анемікс» була використана в даній дослідній роботі, як одна із найефективніших та безпечних вибухових речовин. [35].

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

### 3.2 Розрахунок кисневого балансу газоподібних продуктів при вибуху емульсійних вибухових речовин

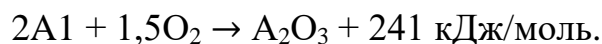
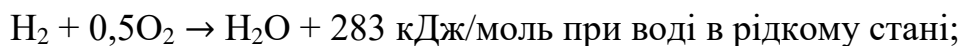
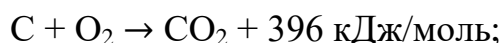
У зв'язку із розвитком гірничих робіт та асортименту вибухових речовин (ВР) все більш важливим і актуальним є боротьба з отруйними та шкідливими газами в підземних виробках. Так як вибух являє собою необоротну хімічну реакцію перетворення вибухової речовини в газоподібні продукти. При якій виділяються продукти вибуху, та оксиди азоту чи окис вуглецю, які є дуже токсичними. Тому для оцінки енергетичних параметрів вибухових речовин необхідно знати співвідношення між горючими компонентами та окиснювачем у молекулі. Це співвідношення характеризується величиною кисневого балансу, вираженого у відсотках чи долях одиниці. [35].

Кисневим балансом (КБ) називається відношення надлишку або недостачі кисню в вибуховій речовині для повного окислювання горючих елементів (водню, вуглецю, металів і т.п), що виражено в грам-атомах, до грам-молекулярної маси ВР. [22].

Під повним окисненням розуміється окиснення водню у воду, а вуглецю у вуглекислий газі. При цьому виділяється також молекулярний азот і кисень.

Якщо в складі ВР знаходиться метал, то створюється його вищий оксид.

Реакція повного окиснення:



За хімічним складом ВР поділяються на індивідуальні речовини і механічні суміші компонентів, що вступають в реакцію між собою. [35].

Розрахункова формула визначення КБ для індивідуальних ВР, що має склад у вигляді  $C_aH_bN_cO_d$  буде такою:

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

$$KB = \frac{[d - (2a + b/2)] \times 16}{M_{BP}} \times 100\% \quad (3.1)$$

де  $a, b, c, d$  – число атомів вуглецю, водню, азоту і кисню відповідно; 16 – грам-атомна вага кисню;  $M_{BP}$  – молекулярна маса вибухової речовини.

Молекулярна маса ВР, що має склад у вигляді  $C_aH_bN_cO_d$  визначається за формулою:

$$M_{BP} = 12a + b + 14c + 16d \quad (3.2)$$

Враховуючи дані формули, про кисневий баланс можна сказати що:

При  $d > 2a + b/2$  - маємо позитивний кисневий баланс (КБ)

При  $d = 2a + b/2$  - нульовий КБ;

При  $d < 2a + b/2$  - негативний КБ.

ВР з нульовим КБ виділяють максимальну кількість енергії та мінімальну кількість шкідливих газів.

При вибуху ВР з негативним кисневим балансом в залежності від відносної кількості кисню, створюється або шкідливий оксид вуглецю, тобто  $C + 0,5O_2 \rightarrow CO + 109$  кДж/моль або чистий вуглець у вигляді сажі, яка суттєво знижує створення газів.

При позитивному КБ зменшується виділення енергії, оскільки створюється шкідливий оксид азоту з поглиненням тепла по реакції.



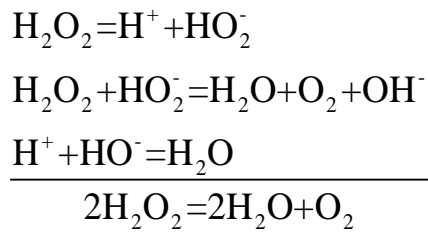
Емульсійні ВР - це речовини, що складаються з аміачної селітри ( $NH_4NO_3$ ), води, дизельного пального та емульсійної композиції (ЕК) - емульгатора: високоенергетичний додаток з ферроселіцію - FeSi: 97%  $SiO_2$  (звичайно 90-95% Si та 3-5 % Fe). [35]

Крім того, може бути аміачна і натрієва селітра ( $NaNO_3$ ) в суміші, або аміачна і кальцієва селітра [ $Ca(NO_3)_2$ ].

В якості сенсibilізатора додають 10%-й розчин перекису водню  $H_2O_2$  (газогенеруючий додаток). Концентровані водні розчини  $H_2O_2$  вибухонебезпечні.

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

011.MT2127.MP.2021.000



Розкладання гідроген пероксиду  $\text{H}_2\text{O}_2$  супроводжується значним виділенням тепла (+ 97,97 кДж/моль). Тому газогенеруючі добавки вводять в емульсію в концентрації 1% від її маси. [35].

Крім того в склад ЕВР вводять емульгатор - сорбітан моноолеат  $\text{C}_{24}\text{H}_{44}\text{O}_6$ . Молекулярна маса якого дорівнює:

$$12 \times 24 + 1 \times 44 + 16 \times 6 = 428 \text{ гр/моль.}$$

А в ЕВР типу Анемікс додають 1% нітриту натрію (натрія нітрит -  $\text{NaNO}_2$ ) - кристалічна речовина, що добре розчиняється в воді.

Окрім того, можна замість нітриту додавати  $\text{NaNO}_3$  - натрію нітрат ( в природі мінерал «чилійська селітра»), що також добре розчиняється в воді. [2].

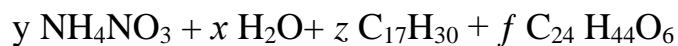
Вважається, що при реакції нітриту натрію з амоній нітратом ( $\text{AC} - \text{NH}_4\text{NO}_3$ ) в окісній фазі емульсії утворюється амоній нітрит, який розкладається з виділенням пухирців азоту:



Враховуючи все вище сказане, розрахунок кисневого балансу емульсійної вибухової речовини типу Анемікс-П визначається по наступній хімічній реакції, так як є сумішшю із компонентів.

$$\begin{aligned}
 9,9085 \times \text{NH}_4\text{NO}_3 + 8,8889 \times \text{H}_2\text{O} + 0,2022 \times \text{C}_{17}\text{H}_{30} + f\text{C}_{24}\text{H}_{44}\text{O}_6 = \\
 = 3,4381 \times \text{CO}_2 + 31,7389 \times \text{H}_2\text{O}^{\text{пар}} + 9,908 \times \text{N}_2
 \end{aligned}$$

Позначивши число молей аміачної селітри через -  $y$ , води через -  $x$ , дизельного пального через -  $z$ , а емульгатор через -  $f$ , можна записати хімічну формулу у наступному вигляді:



Необхідно визначити молекулярну формулу «Анемікса» або «Україні-

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000				





Допустимі швидкості коливання в основах житлових, цивільних і культурно-побутових будівель повинні обиратися відповідно з даними (табл.3.4) наведеними на стор. 195 в роботі "Безпека вибухових робіт в промисловості" під ред. проф. Б.Н. Кутузова – М.: Недра, 1992. -544с [22].

Таблиця 3.4

Допустимі швидкості коливань по класам будівель

Тип будівель	цегляні	кам'яні	великоблочні
Стан будівель	добре		
Допустима швидкість по класам будівель, см/с	II	III	IV
	2	4	6

Для більшості інженерних споруд неприпустимі порушення III ступеню, а IV та V являються аварійним. Отже, допустимі швидкості по класам будівель II-IV для забезпечення їх хорошого стану не повинні перевищувати вказаних значень (2, 4, 6 см/с).

Для визначення безпечного заряду, на одне уповільнення, по відношенню до сейсмічнобезпечного заряду, вибухає одноразово, на практиці користуються правилом "двох третин", згідно з яким величина заряду на одне уповільнення повинна складати  $2/3$  від сейсмічнобезпечної величини заряду, за один прийом. [37] .

При цьому щоб уникнути інтерференції сейсмічних хвиль необхідно, щоб інтервал уповільнення дорівнював або перевищував час існування позитивної фази сейсмічної хвилі на відстані, на якому знаходиться об'єкт який під захистом. У тому випадку число послідовно вибухових сейсмічно безпечних серій можуть бути необмежено.

Період основних коливань зростає з масою заряду і відстанню та становить при вибуху заряду масою 1т близько 0,01-0,03 с, тобто. одиницям мілісекунд, що буде виключенням інтерференцію сейсмічних хвиль при комбінованому застосуванні короткоуповільненому і уповільненому підриванні шпурових зарядів. [38] .

Разом з цим періоди коливань слабо залежать від маси заряду і відстані та складають 0,15-0,4 с, тобто 150-400 мс. Тоді поділ загальної маси заряду ВВ, що підриваються за один цикл, на групи з інтервалами уповільнень більш 400 мс до 10000 мс привело до повного виключення інтерференції підривних хвиль. [38] .

Як відомо з «Єдиних правил безпеки при вибухових роботах» (ст. 125 п.2.3), при не одночасному підриванні N зарядів ВВ загальної маси Q з часом уповільнення між вибухами кожного заряду не менше 20 мс визначення безпечної відстані виконується по формулі:

$$r_c = K_c \times \alpha \times \sqrt[3]{Q} \text{ , м} \quad (3.4)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт, залежить від властивостей ґрунту в основі охоронюваних будівель, для скельних тріщиноватих порід  $K_c=5$  ;  $\alpha$  - коефіцієнт, що залежить від умов підривання, приймаємо для вибуху на викид  $\alpha=0,8$ ; Q- сумарна маса зарядів, що підривається у забої «Західного» похилого тунелю,  $Q = 189,6$  кг.

Підставляючи значення до формули, отримуємо:

$$r_c = 5 \times 0,8 \times \sqrt[3]{189,6} = 22,98 \text{ м,}$$

Приймаємо з певним запасом для подальших розрахунків безпечну відстань в 30 м.

Визначимо критичну швидкість коливань для умов проведення вибухових робіт в перегінному тунелі відповідно до роботи Б. Н. Кутузова «Проектирование взрывных работ» - М.: Недра, 1974. -327 с. за формулою:

$$V_{кр} = \frac{K_{\Gamma}}{\varepsilon} \times \beta \sqrt{\frac{Q_{сб}}{r}} \text{ , см/с} \quad (3.5)$$

де  $Q_{сб}$  - сейсмічно безпечна маса зарядів для складних умов, в яких здійснюється проходка перегінного тунелю; приймаємо 189,6 кг;  $\varepsilon$  – коефіцієнт, що залежить від умов виконання вибухових робіт та стану інженерної споруди (приймається в межах  $\varepsilon = 1,5 \div 3,0$ ), приймаємо  $\varepsilon = 3,0$ ;  $k_{\Gamma}$  - коефіцієнт, що залежить від інженерно-геологічних умов (приймається рівним  $k_{\Gamma} = 200$ ), приймаємо  $k_{\Gamma} = 200$ ;  $\beta$  - коефіцієнт, що залежить від відстані до об'єкта

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000				

(приймається в межах  $\beta = 1,5-2,0$ ), приймаємо  $\beta = 2,0$ ;  $r$  - відстань до об'єкту, що охороняється приймаємо  $r = 30$  м.

Підставляючи значення параметрів в представлену формулу, отримаємо:

$$V_{кр} = \frac{200}{3,0} \times \sqrt[2]{\frac{189,6}{30^3}} = 5,6 \text{ см/с}$$

Таким чином, значення критичної швидкості коливань для прийнятих умов вибуху також менше регламентованих табличних значень для класів будівель та інженерних споруд (табл.3.2). Крім того, застосування комбінованого короткоуповільненого та уповільненого вибуху буде відповідати по «Шкалі інтенсивності сейсмічних коливань при вибухах» (див. навч. посібник Б.Н. Кутузова «Руйнування гірських порід вибухом» - М.: Видавництво МГІ, 1992. – 516 с.) 1-4 балам зі швидкістю коливань від 0,1 до 1,5 см/с.

Точні значення швидкостей коливань можуть бути отримані шляхом інструментальних вимірювань при проведенні вибухів.

Якщо виконувати одночасно вибух зарядів ВВ на цикл проходки в 189,6 кг при вибуху в масиві скальних порід на мінімальній відстані 30м від споруд, (сусідніх похилих тунелів) максимальна швидкість коливань в основах цих виробок можуть бути визначена для приведеної відстані, по наступним формулам :

$$\bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{Q}} > 10, \quad (3.6)$$

де  $R$  – відстань від центра вибуху до точки спостереження,  $R = 30$  м;  $Q$  - маса заряду ВР,  $Q = 189,6$  кг.

Тоді для  $\bar{R} = \frac{30}{\sqrt[3]{189,6}} = 5,22 < 10$  – максимальна швидкість визначається по

наступній формулі:

$$V_{max} = 2,5 \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1,5}, \text{ см/с} \quad (3.6)$$

									Лист
									64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000				

Значення максимальної швидкості коливань в основі цих виробок, при віддаленні від епіцентру вибуху, при значеннях  $R=30\div 100\text{м}$  дорівнює:

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{30}\right)^{1,5}=0,21\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{40}\right)^{1,5}=0,136\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{50}\right)^{1,5}=0,097\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{60}\right)^{1,5}=0,074\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{70}\right)^{1,5}=0,059\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{80}\right)^{1,5}=0,048\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{90}\right)^{1,5}=0,04\text{ см/с},$$

$$V_{\max}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}\right)^{1,5}=2,5\left(\frac{\sqrt[3]{189,6}}{100}\right)^{1,5}=0,035\text{ см/с}.$$

Із отриманих даних, побудовано графік змінення критичних швидкостей коливань порід в залежності від відстані до об'єкта, що охороняється рис.3.1.

Разом з тим, оскільки одночасний вибух всіх зарядів виключається то максимальна швидкість коливань при комбінованому короткоуповільненому і уповільненому вибуху буде значно менше і не буде перевищувати значень, вказаних для II-IV класів будівель, що підтверджується результатами виконаних розрахунків.

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000					



## Висновки по розділу

1. На основі виконаних досліджень, встановлено, що по умовах досягнення високих вибухових та екологічних показників найбільш ефективною вибуховою речовиною являються емульсійні вибухові речовини, які мають кисневий баланс наближений до нуля та високу руйнуючу здатність, оскільки їх енергетичність, працездатність та бризантність мають високі кількісні показники.

2. По показникам рівня коливань та сейсмічної небезпеки дані емульсійні вибухові речовини мають високий рівень ефективності.

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### Заходи безпеки під час виконання БВР

Заходи безпеки повинні включати комплекс дій, спрямованих на безпечне і ефективно виконання БВР, а саме: розробку оперативної документації (паспорт БВР), організацію зберігання та обліку ВМ, контроль дотримання вимог Єдиних правил безпеки (ЄПБ) та інших вказівок під час виконання робіт.

Згідно із вимогами ЄПБ БВР повинні організуватися з дотриманням циклограми робіт. При цьому може передбачатися послідовне або паралельне виконання робіт. Вибухові роботи (зарядження й підривання) повинні виконуватися послідовно і їх суміщення з іншими роботами не дозволяється (див. циклограму в додатку). Як правило, проходка виробок виконується в разі послідовного виконання прохідницького циклу із частковим суміщенням підготовчих, допоміжних та заключних робіт. [38]

### Заходи безпеки під час бурових робіт

З метою підтримання безпечності та ефективності бурових робіт необхідно:

- перед початком буріння проводити обробку покрівлі виробки й поверхні забою з подальшою розміткою шпурів згідно з паспортом БВР;
- при забурюванні шпурів штангу бурового інструмента необхідно підтримувати спеціальними пристроями;
- не допускати присутності людей в зоні маніпуляторів;
- використовувати раціональні режими буріння із врахуванням інженерно-геологічних умов;
- суворо дотримуватися строків профілактичного ремонту бурового обладнання в процесі експлуатації.

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата						

011.MT2127.MP.2021.000

У разі виконання бурових робіт у забої кожний бурильник повинен уважно стежити за режимом роботи бурового обладнання й не допускати відхилень, які можуть бути пов'язані із зміною інженерно-геологічних умов, до яких відносять: збільшення або зниження швидкості буріння; зміну зусиль подачі бура на забій або його заклинювання; проскакування буру в порожнину; появу або посилення притоку води із шпурів до виробки; зміну кольору води або викидів із шпуру мулу або піску. Якщо помітили такі ознаки, слід повідомити начальника дільниці (майстра), який приймає рішення по конкретному випадку. Особливу увагу слід звертати на такі явища під час проходки виробок у зонах геологічних порушень. Для уточнення стану рекомендується бурити розвідувальні свердловини довжиною не менше 3 м. Роботи виконують під керівництвом працівника служби технічного нагляду. [41]

До початку буріння шпурів забій повинен бути приведений в безпечний стан шляхом оборки ґрунтів. Буріння шпурів на висоті більше 1,5 м від підшви виробки дозволяється виконувати із спеціальних риштувань, підмостків або бурових рам.

Для захисту очей від пилу, бурильник повинен використовувати захисні окуляри із склом, що не б'ється. З метою безпечного виконання робіт під час забурювання шпурів застосовуються короткі забурники довжиною 0,5...0,8 м. Без забурника можна бурити лише за допомогою самохідних бурових установок. Звільнювати бури, що заклинило, дозволяється буровим ключем або спеціальними пристроями.

До роботи на бурових станках або установках допускаються особи, які мають посвідчення на право управління відповідним механізмом і пройшли стажування та вивчили інструкції з експлуатації і правила охорони праці. Забороняється працювати на несправному обладнанні.

Забороняється бурити в залишені після буріння частини шпурів («стакани»).

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.MT2127.MP.2021.000					

У разі роботи на самохідних установках забороняється перебувати під піднятим маніпулятором і автоподавачем, а також між забоєм та установкою. Переміщення бурових установок із одного забою в інший дозволяється тільки в транспортному положенні. [41]

### **Заходи безпеки під час вибухових робіт**

Виконуючи вибухові роботи, необхідно дотримуватися правил безпеки під час підготовки ВР, підривання зарядів і огляду результатів підривання.

ВМ не дозволяється кидати, кантувати, у процесі роботи з ними забороняється палити, користуватися вогнепальною зброєю. Сірники та запальнички дозволяється при собі мати лише підривникам.

Підготовлені до вибуху заряди повинні бути обов'язково підірвані. В одному шпурі дозволяється використати лише один патрон-бойовик, який обережно розміщують в пробуреній порожнині. Якщо бойовик, що застряг у шпурі, витягнути неможливо, то заряджання припиняють і підривають його разом із рештою.

Заряджання на висоті більш 2 м необхідно виконувати з риштувань або полків. Забійка шпурів інертним матеріалом повинна виконуватися невеликими порціями із максимальною обережністю. Підривати шпури без забійки заборонено. [41]

Під час виконання вибухових робіт обов'язковими є звукові сигнали, які подають у такому порядку.

Перший сигнал – запобіжний (один довгий). Подається перед початком заряджання. Після заряджання монтують і перевіряють електропідривну мережу. Люди виводяться на безпечну відстань – не менше 150 м від забою при тунелі без збіжок та поворотів.

Другий сигнал – бойовий (два довгих). Після цього сигналу підривник виконує підривання.

									Лист
									70
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

Третій – відбій (три коротких). Сигнал подається після огляду місця підривання і сповіщає про завершення підривних робіт.

Заряди, що не підірвалися, необхідно терміново підірвати за допомогою зарядів, які розташовують в паралельно пробурених шпурах на відстані не ближче 30 см від шпуру із зарядом, що відмовив.

Після підривання і провітрювання забій слід привести в безпечний стан шляхом обстукування та оббирання шматків ґрунту, що нависають. Оббирання здійснюють металевими штангами або відбійними молотками з робочих майданчиків або платформ.

Великого значення при веденні вибухових робіт має провітрювантунелів.

### **Загальні вимоги до провітрювання підземних виробок**

1. На всіх шахтах (рудниках) роботодавець забезпечує наявність штучної вентиляції.

2. У разі порушення провітрювання, виявлення під час роботи у виробках шкідливих газів або погіршення якості повітря порівняно з нормами, що встановлені пункт, працівників, які перебувають у таких виробках, необхідно негайно вивести на свіже повітря. [43].

Виробки, що не провітрюються, перекривають ґратчастими перегородками. Відновлювати роботи у таких виробках дозволяється тільки після доведення складу повітря в них до встановлених норм.

Біля виробок, що провітрюються після підривних робіт, розміщують попереджувальний знак з написом „Вхід заборонено, вибій провітрюється”.

Суміжні шахти з незалежним провітрюванням, з'єднані між собою однією чи кількома підземними виробками, або ізолюють одну від іншої глухими вибухостійкими та вогнестійкими спорудами (перемичками, вентиляційними дверима, шлюзами), або всі виробки кожної шахти (рудника) включають у загальну вентиляційну систему, підпорядковану одному керівнику ПВС. Визначаються місця встановлення та конструкція ізолюючих споруд. Для таких шахт (рудників) складають єдиний ПЛА.

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000					

3. Камери для заряджання акумуляторних батарей електровозів та склади вибухових і паливо-мастильних матеріалів провітрюють відокремленим струменем свіжого повітря.

З дозволу технічного керівника гірничого підприємства дозволяється влаштувати зарядні камери для електровозів без відокремленого їх провітрювання за умови:

заряджання одночасно не більше трьох акумуляторних батарей електровозів із зчіпною вагою до 5 т або однієї батареї нормального типу;

що вміст водню у струмені повітря, що надходить через ці камери в інші виробки, не повинен перевищувати 0,5 % в момент максимального його виділення під час заряджання батарей;

постійного контролю концентрації водню в повітрі.

З дозволу технічного керівника гірничого підприємства дозволяється влаштувати такі камери на вихідному струмені за умови, що вміст метану або водню в них не буде перевищувати 0,5 % і у струмені повітря не буде шкідливих газів. [43].

4. Одні й ті самі вертикальні, похилі стволи або штольні використовують для проходження або тільки свіжого, або тільки забрудненого повітря.

Цієї вимоги не дотримуються у період проведення стволів, штолень і приствольних виробок до з'єднання їх з іншим стволом або вентиляційною збійкою. У таких випадках у стволі чи штольні з метою розмежування свіжого та вихідного струменів повітря необхідно розташовувати вентиляційні труби відповідного діаметра.

5. З метою запобігання витокам повітря на шляху його руху: закривають повітронепроникними перемичками вентиляційні та інші виробки після того, як потреба в них відпала;

- улаштовують повітронепроникний настил над відкотними виробками при використанні систем виймання корисних копалин без залишення ціликів;
- установлюють між виробками з вхідними і вихідними струменями

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

повітря щільні повітронепроникні перемички;

- проводять огляд перемичок не менше одного разу на тиждень.

Аналогічні заходи застосовують і для запобігання витокам повітря через обвалений простір і старі виробки.

6. Забороняється підводити свіже повітря до діючих підготовчих і очисних вибоїв, а також відводити повітря з них через завали та обвалення.

Ці вимоги не поширюються на час виконання робіт із ліквідації аварій.

7. Вентиляцію шахти (рудника) здійснюють так, щоб окремі блоки та камери мали незалежне провітрювання за рахунок загальношахтної (загальнорудникової) депресії, і щоб у разі необхідності окремі блоки і камери могли бути виключені із загальної схеми без порушень провітрювання інших блоків, камер та дільниць. [43].

В окремих випадках можливо здійснювати послідовне провітрювання не більше ніж двох очисних камер, блоків чи лав за умови забезпечення у другій камері якісного складу повітря за рахунок додаткового струменя свіжого повітря, зрошення, водяного туману, заслонів тощо.

Для перерозподілу повітря в очисних виробках дозволяється використовувати вентилятори місцевого провітрювання. Робота вентиляторів місцевого провітрювання в цьому випадку не повинна змінювати загальношахтний (загальнорудниковий) розподіл повітря.

Провітрювати очисні вибої вентиляторами місцевого провітрювання дозволяється при використанні камерно-стовпової системи розробки родовищ, способу шарового обвалення, торцевого випуску з використанням самохідної, вібродоставочної техніки і агрегатів випуску руди, системи довгих стовпів при видобуванні марганцевих руд.

8. Якщо швидкість руху повітря більше ніж 4 м/с, сполучення виробок між собою влаштовують під тупим кутом або у вигляді закруглення.

9. Тупикові виробки - до 10 м та камери - до 6 м завдовжки і з входом до них завширшки не менше 1,5 м, за винятком тупикових виробок і камер шахт

										Лист
										73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000					

(рудників), віднесених до газових, дозволяється провітрювати за рахунок дифузії свіжого повітря.

Усі машинні та трансформаторні камери провітрюють свіжим струменем повітря.

10. У разі переведення шахт (рудників) на спеціальний режим гідрозахисту необхідно застосовувати всмоктувальний спосіб провітрювання виробок водовідливних комплексів.

Під час виконання робіт з демонтажу обладнання в шахтах (рудниках) один раз на квартал необхідно виконувати контрольні вимірювання вмісту шкідливих газів в атмосфері гірничих виробок. [43].

Для запобігання надходженню радону або інших шкідливих газів у виробки водовідливних комплексів їх потрібно ізолювати від мережі виробок шахти (рудника) щільними кам'яними або бетонними перемичками.

Для забезпечення працюючих свіжим повітрям в аварійних ситуаціях кожен насосну станцію обладнують автономним повітропостачанням.

11. Регулювання повітряних струменів у шахтних (рудникових) вентиляційних виробках проводять за розпорядженням керівника ПВС, а у внутрішньоблокових виробках - за розпорядженням керівника виробничої дільниці та за погодженням з керівником ПВС. [43].

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

## ЗАКЛЮЧНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В роботі виконано аналіз сучасного стану дослідження основних факторів ефективності проходки похилих тунелів з використанням буровибухового способу. У зв'язку з тим, нарівні параметрів вибухових робіт, на ефективність та продуктивність проходки виробок, впливає також складність механізації розробки скельних порід високої міцності, а саме при обурюванні забою та транспортуванні породи від від забоя до відвалу по перехресним виробках. Тому ця проблема була вирішена за рахунок обґрунтування та впровадження в роботу високопродуктивної та мобільної навантажувально - доставочної машини та високоефективної, сучасної самохідно бурової установки.

Для покращення безпеки та ефективності вибухових робіт було обґрунтовано використання емульсійних вибухових речовин та сучасних систем їх ініціювання, які є екологічно безпечними з високим енергетичним показником.

Виконані дослідження параметрів сейсмічної безпеки при вибуху вибухових речовин в зонах знаходження промислових об'єктів кар'єра ІнГЗК.

					011.MT2127.MP.2021.000	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСП 173-96. «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» Міністерство охорони здоров'я України, 1996 р. Наказ № 173 від 19.06.96 р. м. Київ.
2. Будівництво міських підземних споруд: навч. посіб. / А.М. Самедов, В.Г. Кравець. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.-400с.
3. Маслов Н.Н.,Котов М.Ф. Инженерная геология Стройиздат Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9.
4. Основы геологии. Жуков М.М.,Славин В.И.,Дунаева Н.Н.М., изд-во «Недра». 1971., стр. 544.
5. Циклично-поточная технология подземной разработки магнетитовых кварцитов / Малахов Г.М., Малахов И.Н., Сиволобов Л.И.-Киев: Наук. думка. 1986.- 128с.
6. ДБН В.2.3-7-2010 «Метрополітени»,-Київ.: Мінрегіонбуд України, 2011-195с.
7. Покровський Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Технология сооружения горизонтальных выработок и тоннелей.Ч.І. Изд. 6, перераб. И доп. М., «Недра», 1977. 400с.
8. Н.И. Куличихин, Ш.Б. Багдасаров, А.О.Верчеба, Н.В. Тихонов Буровзрывные работы, погрузка, крепление, рудничный транспорт вентиляция и водоотлив. Ч.ІІ. курса "Проведение разведочных выработок", изд. «Недра» Москва 1964.
9. Справочник по буровзрывным работам. М., «Недра», 1976. 631 с. Авт. М.Ф. Друкованый , Л.В. Дубинов, Э.О. Миндели и др.
10. Мастер-взрывник: Учебник для профессионального обучения рабочих на производстве.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1988.-384с.: ил. ISBN 5 – 247 – 00205 - 9
11. Бызов В.Ф. Взрывное разрушения горных пород / В.Ф. Бызов, В.А.Колосов, П.И. Федоренко. – Кривой Рог : Издательский центр ГВУЗ"КНУ". 2012.- 407с.

										Лист
										76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

011.MT2127.MP.2021.000

12. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в промышленности / Б.Н. Кутузов, Ф.М. Галиджей, С.А. Давыдов и др.- м.: «Недра», 1977. – 344с.

13. Мангуш С.К. Взрывные работы при проведении подземных горных выработок /С.К. Мантуш.-м.: Издательство МГГУ, 1999-120с.

14. Таранов П.Я. Буровзрывные работы / П.Я. Таранов.-м.: Недра, 1964 372с.

15. Покровский Н.М Сооружения и реконструкция горных выработок / Н.М. Покровский-м.: Госгортехиздат, 1962-382с.

16. Эстеров Я.Х. «Буровзрывные работы на транспортном строительстве»// Я.Х. Эстеров, Е.Ю. Бродов, М.И. Иванаев/-м.: Транспорт, 1983.-328с.

17. Полянкин Г.Н. Буровзрывные работы в тоннелестроении.-м.:ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте»,2007.-375с.

18. ДСТУ 4704-2008 «Проведення промислових вибухів. Норми сейсмічної безпеки».-Київ.: Держспоживстандарт України, 2009.-11с.

19. ДСТУ 7116:2009 «Вибухи промислові. Методи визначення фактичної сейсмічної стійкості будинків і споруд».-Київ.: Держспоживстандарт України, 2010.-6с.

20. ДСТУ 7117:2009 «Вибухи промислові. Методи визначення тиску на фронті ударної повітряної хвилі та границі безпечної зони».-Київ.: Держспоживстандарт України,2010-9с.

21. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологии в промышленности) / Б.Н. Кутузов-М.: Издательство МГГУ, 1994.-448с.

22. Безопасность взрывных работ в промышленности / Под ред. Б.Н. Кутузова.-М.: Недра, 1992.-544с.

23. Бызов Р.Ф. «Взрывные разрушения горных пород»//Р.Ф. Бызов, В.А. Колосов, П.И. Федоренко/ Кривой рог: Изд-во ГВУЗ «КНУ», 2012-407с.

24. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом / Учебник для

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000				

вузов.-М: Издательство МГИ, 1992.-516с.

25. Шатайкин Е.М. Параметры и технология экспериментальных взрывов при проходке левого перегонного тоннеля метрополитена в г. Днепре / Е.М. Шатайкин, А.М. Штандарин, В.Д. Петренко, А.Л. Тюткин, В.П. Куприй // Электромагнитна сумістність та безпека на залізничному транспорті, 2017.-№13.-с.95-102.

26. Б.Н. Кутузова «Проектування підривних робіт»- М.: Недра, 1974.-327 с.

27. Соколов В.В. «Технологія та безпека виконання підривних робіт»./В.В. Соколов, Р.М. Терензук, О.Є. Григор'єв/ Дніпро: НГУ,2017.-314с.

28. Нормативный справочник по буровзрывным работам / Ф.А. Авдеев, В.Л. Барон, И.Л. Блейман, и др. Изд. 4, перераб. и доп. – М.: Недра, 1975.-431с.

29. Petrenko V.D. Features of drilling-and-blasting at construction of Beskidskiy Tunnel / V.D. Petrenko, O.L. Tiutkin, S.T. Proskurnia.- science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport.-2016. №5(65).- pp. 178-185.

30. Соколов В.В., Чернай А.В., Чебенко В.М., Скобенко О.В. Способи ініціювання зарядів вибухових речовин: Навчальний посібник – Д.: ТОВ «ЛізуновПресс», 2013.-88с.

31. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1989, 270с.

32. Крысин Р.С., Новинский В.В. Модели взрывного дробления горных пород: Монография – Д.: АРТ-ПРЕСС, 2006.-144с.

33. Брылов С.А., Грабчак Л.Г., Комащенко В.И. Горно-разделочные работы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1989.-287с.: ил. ISBN 5-247-00379-9.

34. Українсько-російсько-англійський словник з гірничовибухової справи / Уклад.: В.В. Соколов, В.М. Мандрікевич, М.В. Орел, Л.С. Шломіна.

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	011.МТ2127.МР.2021.000					

