

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Аліфіренко Аліна Володимирівна

УДК 622.235

**«ОБГРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО РЕЖИМУ
КОРОТКОСПОВІЛЬНЕНОГО ПІДРИВАННЯ ПРИ РУЙНУВАННІ
ГІРСЬКИХ МАСИВІВ»**

Спеціальність – 184 «Гірництво»

Спеціалізація – «Розробка родовищ та видобування
корисних копалин»

АВТОРЕФЕРАТ

магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра

Київ 2018

Дисертація є рукопис:

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник: проф., д.т.н., доц. Фролов О. О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензенти:

Захист відбудеться «_» _____ 201_ р. о ___ на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 511.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Науковий аналіз досліджень процесу вибухового руйнування масивів гірських порід на кар'єрах показав, що часові інтервали сповільнень короткосповільненого підривання свердловинних зарядів, які рекомендуються вченими до застосування, мають значні межі розкидання чисельних значень – від декількох до сотень мілісекунд. Водночас встановлено залежність оптимального інтервалу сповільнення від фізико-механічних властивостей гірських порід, блочності і тріщинуватості, ширини стінки попередньо підірваної гірничої маси, конструкції зарядів тощо. У зв'язку з цим пошук раціональних показників короткосповільненого підривання свердловинних зарядів є однією з основних питань для подальшого вдосконалення вибухових робіт. Тому обґрунтування комбінованого режиму короткосповільненого підривання (КСП) свердловинних зарядів на кар'єрах з метою отримання максимальної ефективності є **актуальним**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерську дисертацію виконано на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри геоінженерії і є частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ДР 0115U005398), в якій автор брала участь.

Метою роботи є науково-технічне обґрунтування застосування комбінованого режиму короткосповільненого підривання при руйнуванні скельних гірських масивів на кар'єрах.

Основними задачами досліджень є:

- 1) дослідити закономірності взаємодії енергії вибуху в скельному гірському масиві при одночасному, мікро- і мілісекундному підриванні з урахуванням впливу параметрів розташування свердловинних зарядів та інтервалів сповільнення на об'єм руйнування порід;
- 2) запропонувати методіку розрахунку параметрів комбінованого режиму короткосповільненого підривання;
- 3) обґрунтувати ефективність електронної системи підривання для ініціювання проміжних детонаторів в свердловинному заряді;
- 4) обґрунтувати доцільність впровадження у виробництво стартап-проекту технології комбінованого режиму короткосповільненого підривання при дробленні скельних масивів.

Об'єкт дослідження – процеси руйнування скельних масивів гірських порід вибухом системи свердловинних зарядів

Предмет дослідження – методи керування розподілом енергії вибуху систем свердловинних зарядів при їх короткосповільненому підриванні.

Методи дослідження: узагальнений аналіз – для аналізу наукових досягнень в сфері руйнування скельних порід циліндричними зарядами; теоретичні дослідження – для обґрунтування необхідності управління енергією вибуху при руйнуванні гірських порід; аналітичний – для визначення

оптимальних значень інтервалу КСП; експериментальні дослідження – для підтвердження результатів теоретичних і аналітичних досліджень; техніко-економічного аналізу – для підтвердження ефективності виконаних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

- доведено, що для опису процесу керування енергією вибуху при короткосповільненому руйнуванні скельних порід найбільш доцільним є застосування просторової математичної моделі динамічного крихкого руйнування гірських масивів вибухом свердловинних зарядів;

- визначено, що при руйнуванні скельних порід вибухом двох суміжних свердловинних зарядів найбільш ефективним є мікросекундний інтервал сповільнення в межах 700-1500 мкс;

- встановлено, що комбіноване мікро- і мілісекундне сповільнене підривання свердловинних зарядів на кар'єрах забезпечує збільшення об'ємів руйнування гірського масиву до 25 % з необхідним ступенем подрібнення.

Практичне значення одержаних результатів:

- запропоновано методикау визначення відстані між свердловинними зарядами ВР при комбінованому короткосповільненому підриванні;

- визначено, що раціональні інтервали мікросповільнень між суміжними зарядами для скельних гірських масивів України становлять 800-1400 мкс, а мілісекундних сповільнень між групами – 25-48 мс;

- рекомендовано для реалізації комбінованого режиму короткосповільненого підривання свердловинних зарядів в групі та між групами впровадити систему електронного підривання.

Апробація результатів магістерської дисертації.

Окремі положення та результати роботи доповідалися та обговорювалися на 2-й Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (м. Кривий Ріг, грудень 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Підприємництво і торгівля: тенденції розвитку»; IV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, квітень 2017 р.); 13-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (м. Тула, Росія, жовтень 2017); Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт в галузі «Гірництво» (м. Кривий Ріг, березень 2017 р.).

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 100 сторінок з 29 рисунками, 15 таблицями, списком літературних джерел з 39 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** зазначено стан та значущість науково-технічної задачі на сучасному етапі розвитку вибухової справи на підставі аналізу літературних джерел. Зазначені питання, що залишились невирішеними і визначені основні напрямки наукових досліджень. Також зазначена доцільність їхнього проведення.

У **першому розділі** детально проведено критичний аналіз стану наукових досліджень руйнування скельних масивів гірських порід на кар'єрах при короткочасному підриванні. Встановлено, що інтервали сповільнень, які рекомендують вчені та фахівці до використання на кар'єрах, мають дуже значне розкидання значень – від декількох до сотень мілісекунд.

Відзначено, що незважаючи на успіхи, досягнуті в галузі вивчення механізму руйнування скельних середовищ вибухом, на сьогодні недостатньо повно досліджені питання керування енергією вибуху, яка утворюється при короткочасному підриванні системи свердловинних зарядів ВР.

Проведений аналіз досліджень в сфері вибухового руйнування скельних масивів при короткочасному підриванні показав, що управління енергією вибуху, з метою отримання необхідного ступеня подрібнення при найменших витратах енергії, можливе тільки на підставі повного вивчення взаємодії енергетичних потоків від окремих зарядів з урахуванням технологічних факторів виконання буропідривних робіт та фізико-механічних властивостей скельних порід.

Другий розділ присвячено вивченню гірничо-геологічних та технологічних умов проведення буропідривних робіт в кар'єрі ПрАТ «Полтавський ГЗК». У геологічній будові родовищ беруть участь породи архейської, протерозойської і кайнозойської систем. У складі протерозойських порід чільне значення належить Криворізькій світі, до якої приурочене орудення.

Довжина покладу на Горишне-Плавнинському родовищі близько 3 км. на Лавриківському – понад 4,5 км. Потужність покладу в кондиційному контурі на Горишне-Плавнинському родовищі коливається від 50-60 м у північній його частині до 270 м. у південній й у середньому становить 115 м, на Лавриківському – відповідно, від 23 до 71 м, середня – 43 м.

Корінні породи повсюдно перебиваються пухкими відкладеннями, представленими суглинками, пісками, глинами, алевритами, піщаниками з уламками кристалічних порід. Потужність пухких відкладень на Горишне-Плавнинському родовищі коливається від 4 до 43 м, у середньому становлячи 22 м, на Лавриківському – від 3 до 62 м, середня – 40 м.

В інженерно-геологічному розрізі описуваних родовищ чергуються скельні, напівскельні і пухкі породи. Залізисті кварцити і вміщуючи їх кристалічні породи обох родовищ по фізико-механічних властивостях близькі. Відрізняються стійкістю і значною міцністю. Кристалічні породи під пухкими

відкладеннями вивітрени і тріщинуваті. Потужність тріщинуватої зони від 1 до 80 м. Тріщинуватість із глибиною загасає.

Глибина підрахунку балансових запасів для Горишне-Плавнинського родовища - 500-700 м (табл.1).

Таблиця 1. Балансові запаси корисних копалин

Залізисті кварцити	Балансові		
	Запаси. тис. т.	Вміст заліза. %	
		загального	магнетитового
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.Горишне-плавнинське родовище, глибина підрахунку запасів 700 м. <i>Підсвіта K₂² і пачка K₂³1</i>			
Категорія А+В+С1	703610	35,11	28,46
<i>Пачка K₂³3</i>			
Категорія В+С1	432976	26,89	17,71
Усього: K₂²+K₂³1+K₂³3	1136586	31,98	24,36

Виробнича потужність кар'єру ПрАТ "Полтавський ГЗК" по руді і скельному розкриву становить 39724000 м³ гірничої маси у щільному тілі. З них по корисній копалині – 12115820 м³, по скельному розкриву – 27608180 м³. Щільність скельних гірських порід коливається від 3,4 (руда) до 2,4 (скельний розкриття) т/м³. Об'єм м'якого розкриття на рік становить 1,2 млн.м³ гірської маси у щільному тілі. Середня щільність м'яких розкриття порід становить $\gamma = 1,6$ т/м³.

Параметри укосів уступів і бортів кар'єру, прийняті відповідно до рекомендацій викладеними у звітах, виконаних інститутом ВІОГЕМ. Ширина запобіжних берм прийнята відповідно до правил безпеки 10 м, що залишаються при здвоюванні 12-метрових уступів через 24 м по вертикалі, при здвоюванні 15-метрових і потроюванню 10-метрових уступів через 30 м по вертикалі.

Ширина транспортних берм: при автомобільному транспорті – 30 м; при залізничному транспорті для одного шляху 11 м, для двох шляхів – 16 м.

З урахуванням прийнятих кутів укосів уступів і залишення запобіжних і транспортних берм кути нахилу постійних бортів кар'єру становлять:

- для лежачого боку – 30°-37°;
- для висячого боку – 32°-39°.

В якості виймально-навантажувального обладнання використовуються екскаватори EX-5600E(Hitachi), EX3600-5 (Hitachi), PC-3000 (KOMATSU).

Розпушування скельної гірської маси здійснюється буропідричним способом. Для буріння підричних свердловин використовуються верстати шарошечного буріння СБШ-250МН, Atlas Copco. Конструктивні параметри технологічних автомобільних доріг на комбінаті склалися, виходячи з діючого автотранспортного парку, що представлений автосамоскидами: САТ-785С – 136т; НД-1200 в/п – 120 т; ЕН-3500А(НІТАСНІ) – 180т.

Розробка руд і розкриття ведеться екскаваторами тільки з навантаженням в автотранспорт. Розкриття породи вивозяться автомобільним транспортом.

Організація і виробництво вибухових робіт здійснюється відповідно до «Інструкції з організації та ведення масових вибухів свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах», «Правилами безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом», «Норматив», «Єдиних правил безпеки при вибухових роботах», «Норматив», діючих інструкцій по техніці безпеки і «Типовим проектом ведення буропідривних робіт на кар'єрі ПрАТ «Полтавський ГЗК».

На кожен масовий вибух відповідно до «Типового проектом буропідривних робіт на кар'єрі ПрАТ «Полтавський ГЗК»» і за формою, представленої в «Інструкції з організації та ведення масових вибухів свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах», технічним бюро рудоуправління складаються проекти масового вибуху блоку (блоків).

В третьому розділі виконано дослідження комбінованого режиму короткосповільненого підривання при руйнуванні скельних гірських масивів. На першому етапі досліджень вивчена взаємодія хвиль напружень при підриванні двох і більше свердловинних зарядів на підставі принципу суперпозиції хвиль.

На рис. 1 наведено розподіл напружень на стискання при відстані між зарядами 5 м для одночасного підривання свердловинних зарядів. З рисунку видно, що в початковий період часу розвитку вибуху область однакових значень напружень концентрується навколо кожного з зарядів. В подальшому поля напружень починають взаємодіяти між собою, з'являється сумісна область рівних напружень, яка спочатку має увігнуту форму, а потім вирівнюється до форми овалу. Напруження з кожного вибухів концентруються по лінії, перпендикулярній до лінії розташування зарядів, створюючи тим самим умови для руйнування масиву в цьому напрямку.

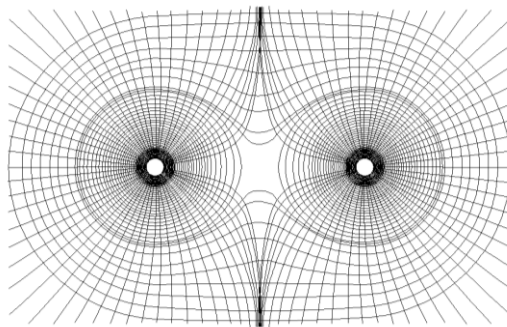


Рис. 1. Схема розподілу напружень на стискання при одночасному підриванні двох суміжних свердловинних зарядів

При КСП суміжних зарядів ВР також відбувається взаємодія хвиль напружень при вибуху кожного з зарядів та їх поширення по гірському масиву. В результаті цієї взаємодії формується діаграма направленості енергетичного потоку, яка характеризується спрямованою концентрацією напружень.

При виникненні сповільнення між підриванням зарядів зона концентрації напружень зміщується у бік заряду, який підривається другим. Вочевидь, ця область створює умови для більш інтенсивного руйнування масиву гірських порід в даному напрямку. На рис. 2 представлено розподіл напружень на

стискання при підриванні двох розташованих поруч свердловинних зарядів зі сповільненням 0,4 мс.

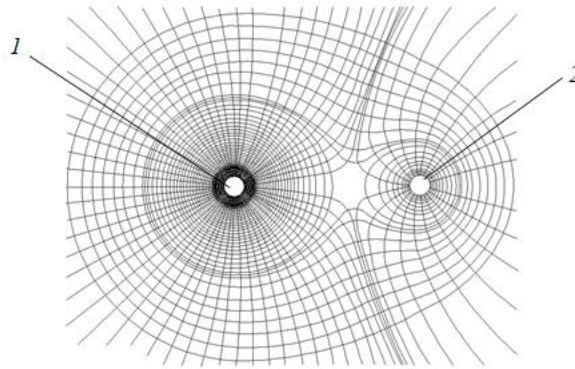


Рис. 2. Схема розподілу напружень на стискання при підриванні двох суміжних свердловинних зарядів (1, 2) при сповільненні 0,4 мс

Аналіз проведених досліджень показує, що при невеликих інтервалах сповільнення між підриванням розташованих поруч свердловин ефективність КСП визначається взаємодією хвиль напружень, які утворюються під час вибуху кожного з зарядів. Зважаючи на вищенаведене проведені дослідження з метою визначенню оптимального часу сповільнення між свердловинними зарядами ВР для певних умов підривання при якому об'єм руйнувань масиву гірських порід буде максимальним Розрахунки були проведені для підривання зарядів при відстанях між свердловинами 4,5 м ,5,0 та 5,5 м. За отриманими розрахунковими даними побудований графік залежності об'єму руйнувань породи від часу сповільнення між підриванням зарядів (рис. 3).

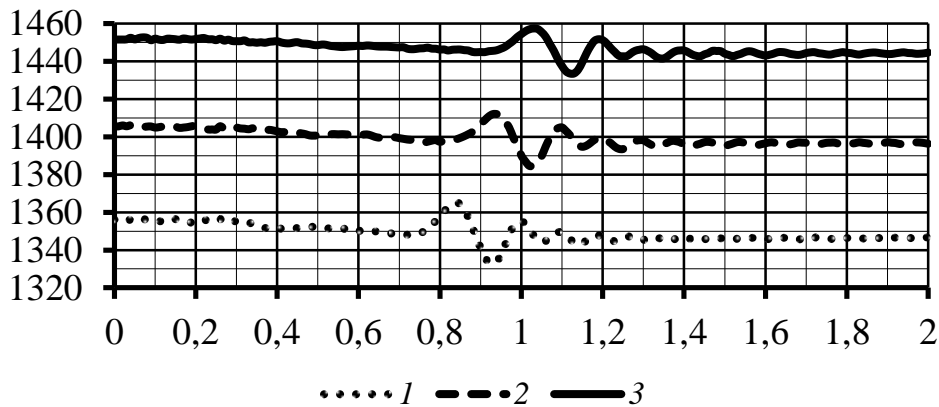


Рис. 3. Зміна об'єму руйнувань масиву в залежності від часу сповільнення між підриванням при відстані між свердловинами: 1 – 4,5 м; 2 – 5,0 м; 3 – 5,5

За аналізом отриманих даних встановлено, що інтервал сповільнення між вибухами зарядів, при якому отримане максимальне значення руйнування породи, визначається

$$\tau = \frac{a}{c_l}, \quad (1)$$

де a – відстань між свердловинними зарядами ВР, м; c_l – швидкість поширення поздовжніх хвиль у гірському масиві, м/с.

Відповідно до прийнятих значень відстаней між свердловинними зарядами ВР 4,5 м, 5,0 м та 5,5 м і значення швидкості поширення поздовжніх хвиль напружень у магнетитовому кварциті з (1) отримані наступні інтервали сповільнень, що визначають найбільше значення об'єму руйнувань: для $a = 4,5$ м – $\tau = 849$ мкс; $a = 5,0$ м – $\tau = 943$ мкс; $a = 5,5$ м – $\tau = 1038$ мкс.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що в залежності від фізико-механічних властивостей гірських порід, технологічних параметрів вибуху та додаткової зони руйнування максимальне значення об'єму руйнування при мікросекундному сповільненні більше до 7% ніж при одночасному підриванні, а раціональний інтервал сповільнень між підриванням суміжних зарядів у групі коливається в межах 800-1400 мкс для скельних гірських порід України.

Як зазначають більшість вчених, при виборі оптимального інтервалу сповільнень між вибухами груп зарядів на кар'єрах необхідно керуватися значеннями лінії найменшого опору та пружними властивостями гірських порід, що визначають час, необхідний для розширення тріщини. На підставі цього нами отримана формула, за якою рекомендується визначати оптимальний інтервал сповільнення між підриванням серій свердловинних зарядів ВР:

$$\tau_{\text{опт}} = k_c \frac{8\pi \cdot d_c^2 \cdot l_3 \cdot \Delta}{H \cdot q \cdot a \cdot \sqrt[4]{c \cdot \rho}}, \quad (2)$$

де k_c – коефіцієнт, який залежить від схеми підривання; c – швидкість поширення повздовжніх хвиль напружень в гірському масиві, км/с; ρ – щільність гірської породи, т/м³; l_3 – довжина заряду ВР в свердловині, м; H – висота уступу, м; d_c – діаметр свердловини, м; Δ – щільність заряджання, кг/м³; q – питома витрата ВР, кг/м³; a – відстань між свердловинами в ряду, м.

Формула (2) пов'язує основні проектні показники вибуху та фізико-механічні властивості масиву гірських порід. На рис. 4 наведено графіки залежності оптимального часу сповільнення між підриванням груп зарядів від акустичного імпедансу (добуток швидкості поширення повздовжніх хвиль напружень в масиві на щільність породи) згідно (2).

Аналіз залежностей показує, що при наведених вище параметрах в межах зміни акустичного імпедансу від $5 \cdot 10^6$ до $20 \cdot 10^6$ м·кг/с·м³, який відображує властивості всіх скельних порід кар'єрів України, оптимальний інтервал сповільнень становить 34-48 мс.

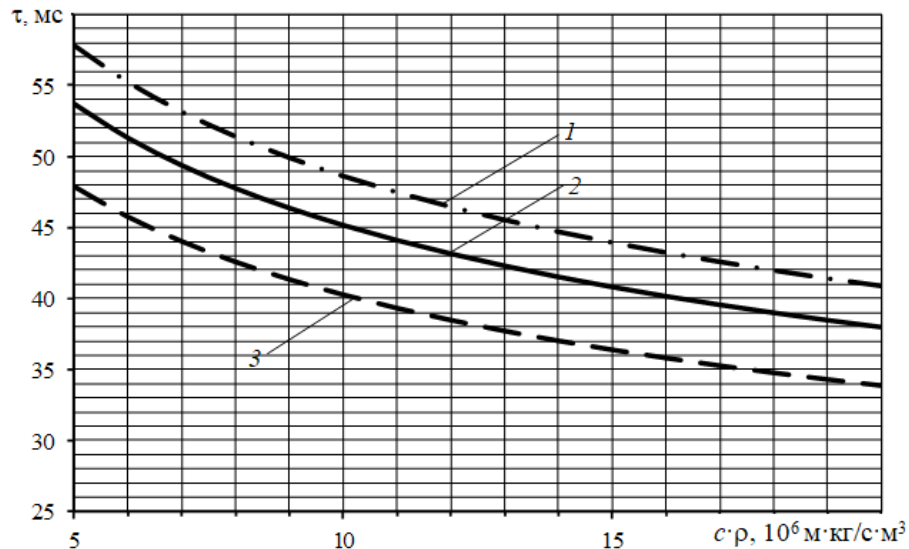


Рис. 4. Залежність між оптимальним часом сповільнення при підриванні груп свердловинних зарядів і акустичним імпедансом для різних типів ВР: 1 – анемікс 70; 2 – грамоніт 79/21; 3 – полімікс ГР-1/8

Також наведені результати експериментальних досліджень щодо ефективності застосування комбінованого режиму короткочасносповільненого підривання при руйнуванні гірських масивів.

На промисловому експериментальному блоці було вибурено 11 свердловин в два ряди. Відстань між свердловинами в ряду становить 8 м, між рядами свердловин – 5 м. Глибина свердловин – 3 м, діаметр – 200 мм, вага заряду ВР в свердловині – 45 кг, тип ВР – грамоніт 79/21. Схема з'єднання вибухової мережі зарядів ВР представлена на рис. 5. Вибух виконано і результати наведено в табл.1.

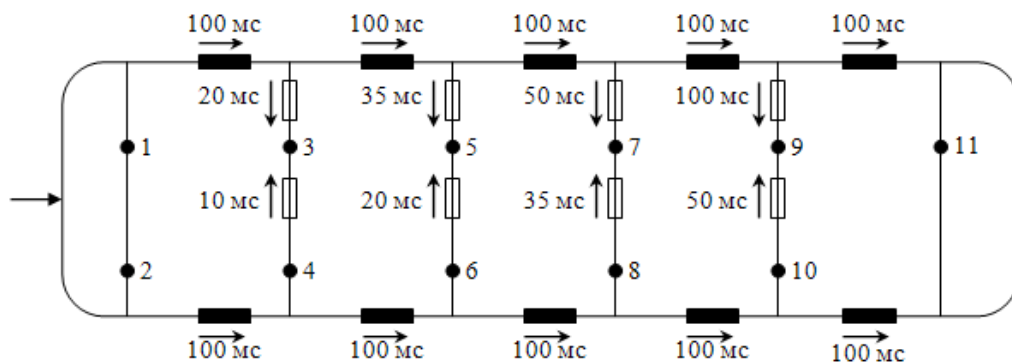


Рис. 5. Схема з'єднання вибухової мережі при короткочасносповільненому підриванні на експериментальному блоці

Аналіз даних з табл. 2, показує, що параметри воронки руйнування при вибуху одиночного заряду ВР (свердловина №11) значно більші ніж у воронок руйнування від зарядів, які підриваються в одночасно або зі сповільненням.

Якщо порівняти результати вибухів одночасного підривання суміжних свердловинних зарядів ВР з вибухами при КСП, то бачимо, що розміри та об'єм воронки руйнування при одночасному підриванні більші (об'єм воронки в середньому більший на 9,5 %), ніж воронки при сповільненому підриванні з

будь-якими досліджуваними інтервалами сповільнення. Об'єми воронок руйнування при КСП приблизно однакові, тобто можна стверджувати, що інтервал сповільнення між вибухами в межах від 10 до 50 мс і, вочевидь, більший не впливає на об'єм руйнувань при наявності однієї вільної поверхні.

Таблиця 2. Результати експериментальних досліджень

Номер свердловини	Діаметр воронки на поверхні, м	Глибина воронки, м	Об'єм воронки руйнування, м ³	Діаметр середнього шматка породи, мм	Час сповільнення, мс
1	6,1	1,6	30,69	106	0
2	6,2	1,5			
3	6,0	1,5	27,81	113	10
4	6,0	1,45			
5	5,9	1,5	27,80	124	20
6	6,0	1,5			
7	6,0	1,45	27,81	139	35
8	6,0	1,5			
9	6,1	1,4	27,78	143	50
10	6,0	1,50			
11	6,8	1,8	20,58	143	

Також проведено експериментальні дослідження по встановленню впливу мікросекундних сповільнень підривання на ефективність взаємодії енергетичних потоків. Досліджувалися інтервали сповільнення від 800 до 1400 мкс з кроком сповільнення 150 мкс. Параметри підривання на експериментальних блоках були такі самі, як і в попередньому випадку. Схема розміщення свердловин представлена на рис. 6.

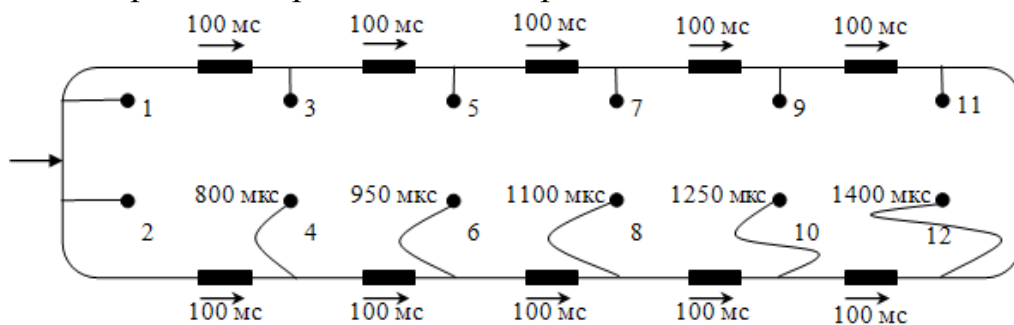


Рис. 6. Схема з'єднання вибухової мережі при мікросекундному сповільненому підриванні на експериментальному блоці

На рис. 7 представлена графічна залежність загального об'єму воронок руйнування гірської породи від інтервалу сповільнення між підриванням суміжних зарядів. Аналіз результатів досліджень показує, що об'єм руйнувань в межах воронки дроблення при інтервалі сповільнення 950 мкс більший на 8 % ніж при одночасному підриванні. При збільшенні інтервалу об'єм руйнування поступово зменшується і для 1250 та 1400 мкс він майже однаковий.

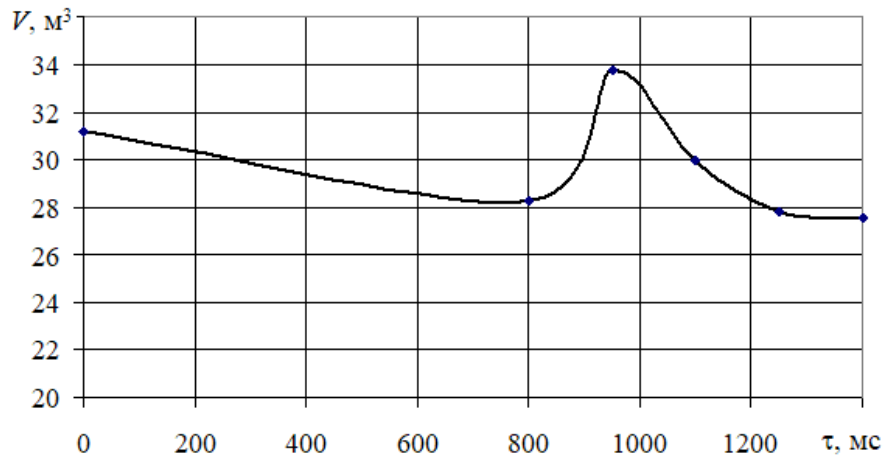


Рис. 7. Залежність загального об'єму воронок руйнування V від інтервалу сповільнення між підриванням суміжних свердловинних зарядів τ

Отримані дані підтверджують результати теоретичних досліджень, що для існуючих параметрів БПР оптимальними є сповільнення 800-1400 мкс.

Згідно отриманих рекомендацій проведено підривання блоку (рис. 8). Якість підготовки гірничої маси відповідають встановленим вимогам. Зокрема, лінія відриву має чітку межу, переміщення гірничої маси здійснене на достатню відстань, а подрібнення гірського масиву якісне.



Рис. 8. Загальний вигляд промислового блоку після підривання

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень, проведених в рамках виконання даної роботи розроблені рекомендації щодо принципів формування ефективних схем КСП. Перспективним є електронне підривання, при якому кожен заряд має окремий необхідний час підривання. На рис. 9 наведений приклад монтажу схеми електронного підривання свердловинних зарядів на блоці при руйнуванні магнетитових кварцитів.

У четвертому розділі виконано розробку стартап-проекту. Доведено, що застосування комбінованого режиму КСП при руйнуванні гірських масивів є перспективним на ринку гірничих технологій та є можливість ринкової комерціалізації даного проекту. Перспективність впровадження технології комбінованого КСП визначається наявністю гірничих підприємств, які проводять БПР, та конкурентно-спроможністю проекту, який при збереженні якості підготовки гірничої маси дозволяє до 25 % збільшити об'єм руйнування.

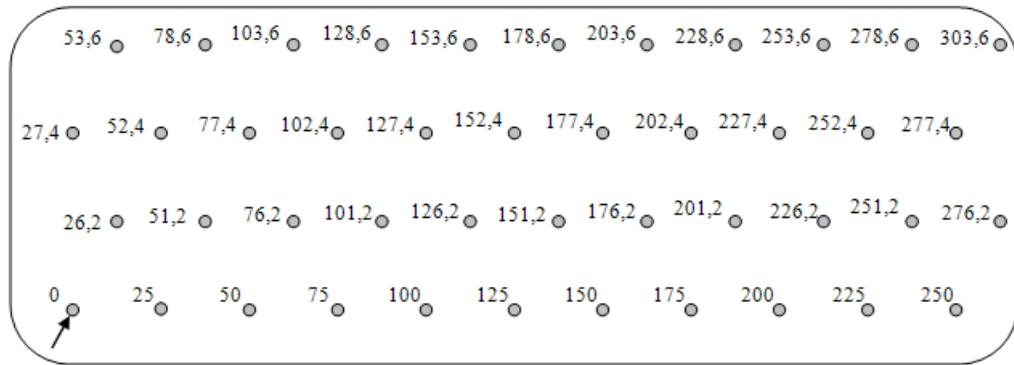


Рис. 9. Схема вибухової мережі з використанням електронної системи ініціювання свердловинних зарядів

Техніко-економічна та енергозберігаюча ефективність від впровадження результатів досліджень на кар'єрах була підтверджена розрахунком. Зокрема, економія витрат на ведення буропідричних робіт на кар'єрах була досягнута за рахунок впровадження у виробництво нових схем КСП. Завдяки цьому зменшені витрати на бурові роботи шляхом розширення мережі свердловин та вибухових робіт за рахунок зменшення кількості ВР. Сума економії на промисловому блоці загальним об'ємом 53 тис. м³ масиву економічний ефект становить 5366,99 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений науковий аналіз досліджень процесу вибухового руйнування масивів гірських порід на кар'єрах при короткосповільненому підриванні свердловинних зарядів вибухових робіт показав, що часові інтервали сповільнень, які рекомендуються науковцями до застосування на кар'єрах, мають значні межі розкидання чисельних значень – від декількох мілісекунд до сотень мілісекунд. У зв'язку з цим пошук раціональних показників короткосповільненого підривання свердловинних зарядів є однією з основних питань для подальшого вдосконалення вибухових робіт.

2. За результатами науково-технічного аналізу загальної характеристики кар'єру ПрАТ «Полтавський ГЗК» та особливостей ведення буропідричних робіт встановлено, що в інженерно-геологічному відношенні переважають скельні та напівскельні гірські породи. Розпушування скельних гірських масивів здійснюється буропідричним способом. Щільність скельних гірських порід коливається від 3,4 (руда) до 2,4 (скельний розкрит) т/м³. Середньозважене значення становить 3,1 т/м³.

3. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що обсяг подрібнення гірського масиву при мікросповільненому підриванні більший на 7 %, ніж при одночасному і мілісекундному вибуху в залежності від властивостей порід та параметрів БПР, а ефективний інтервал сповільнень зарядів у групі становить 800-1400 мкс для скельних гірських масивів України та існуючих параметрів вибуху.

4. Доведено що, при найбільш раціональній час сповільнень між підриванням груп свердловинних зарядів змінюється від 34 до 48 мс для значень акустичного імпедансу гірських порід в межах $5 \cdot 10^6$ - $20 \cdot 10^6$ м·кг/с·м³ та встановлених параметрів БПР. При зміні параметрів буропідривних робіт та характеристик гірського масиву найбільш ефективний час сповільнення між підриванням груп свердловинних зарядів вибухових речовин також змінюється.

5. Порівняльний аналіз гранулометричного складу подрібнених порід показує, що середній діаметр шматка породи на типових промислових та експериментальних блоках суттєво не відрізняється, хоча мережа розміщення свердловин на експериментальному блоці розширена на 21 % у порівнянні з промисловим блоком.

6. Доведена технологічна ефективність схем комбінованого підривання свердловинних зарядів, при якій заряди сповільнюються як в ряду, так і між рядами. Для реалізації схем комбінованого вибуху рекомендовано спосіб формування сповільнень за допомогою електронного підривання, в якому кожен свердловинний заряд програмується на певний час ініціювання. Застосування даного способу забезпечує покращення якості дроблення гірничої маси при підриванні великої кількості свердловинних зарядів ВР, забезпечує якісне оконтурювання і дозволяє контролювати сейсмічну дію вибуху.

7. Встановлено, що технологія комбінованого режиму коротко-сповільненого підривання має попит на ринку технологій гірництва, тому можлива ринкова комерціалізація цього проекту. Можливість впровадження у виробництво комбінованих схем КСП оцінена шляхом розрахунку економії затрат при буропідривних роботах і складає для промислового блоку обсягом 53 тис. м³ 5366,99 ум.од.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Куляпіна А.В. Встановлення закономірностей руйнування гірських порід вибухом свердловинних зарядів зі сповільненням / О. О. Фролов, В.З. Ващук, В.Т. Моденко, А.В. Куляпіна // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. –2017. – Вип. 32. – С. 44-51.

2. Куляпіна А.В. Встановлення ефективних режимів сповільненого підривання при руйнуванні скельних порід на кар'єрах / О.О. Фролов, А.В. Куляпіна // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2017. – №2(80). – С. 207-213.

3. Куляпіна. А.В. Определение эффективных режимов коротко-замедленного взрывания при разрушении скальных горных массивов на карьерах / А. А. Фролов, А.В. Куляпина // Материалы 13-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» – Тула: Тульский государственный университет.– 2017. – Т. 1. – С. 100-108.

4. Куляпіна А.В. Експериментальні дослідження впливу рідкого активного наповнювача на властивості вибухових речовин місцевого приготування / О.О. Фролов, А.В. Куляпіна // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2018. – №1(81). – С. 293-297.

5. Куляпіна А.В. Екологічний аспект іноваційного підприємства/Удовицька Є.А., Куляпіна А.В., Мальцева Ю.С. //Участь у Міжнародній науково-практичній конференції «Підприємництво і торгівля: тенденції розвитку» 23 травня 2018. Одеса: Одеський національний політехнічний університет, 2018, С. 36.

6. Куляпіна А.В. Раціональні режими короткосповільненого підривання при руйнуванні скельних гірських масивів на кар'єрі / А.В.Куляпіна//Матеріали II Міжнародної науково-технічної інтернет конференції «Іноваційний розвиток гірничодобувної галузі»,2017, С.35 36.

АНОТАЦІЯ

Аліфіренко А.В. Обґрунтування комбінованого режиму короткосповільненого підривання при руйнуванні гірських масивів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво» спеціалізації «Розробка родовищ та видобування корисних копалин». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

Дисертація присвячена обґрунтування комбінованого режиму короткосповільненого підривання при руйнуванні гірських масивів.

Часові інтервали сповільнень короткосповільненого підривання свердловинних зарядів, які рекомендуються вченими до застосування, мають значні межі розкидання чисельних значень і вони залежать від оптимального інтервалу сповільнення від фізико-механічних властивостей гірських порід, тріщинуватості, конструкції зарядів тощо. У зв'язку з цим пошук раціональних показників короткосповільненого підривання свердловинних зарядів є однією з основних питань для подальшого вдосконалення вибухових робіт.

Встановлено, що максимальне значення об'єму руйнувань гірських порід визначається відношенням відстані між зарядами до швидкості поширення хвиль напружень в гірському масиві. Запропоновано формулу для визначення раціонального інтервалу сповільнення між вибухами груп зарядів, яка враховує фізико-механічні властивості порід та основні параметри підривання.

На підставі результатів досліджень запропоновано схеми підривання формувати з урахуванням інтервалів сповільнень між групами свердловинних зарядів та для суміжних зарядів, розміщених в одній групі шляхом впровадження електронного підривання.

Ключові слова: скельні породи, гірський масив, кар'єр, вибух, свердловинний заряд, вибухова речовина, комбінований режим короткосповільненого підривання, електронний спосіб підривання.

АННОТАЦИЯ

Алифиренко А.В. Обоснование комбинированного режима короткозамедленного взрывания при разрушении горных массивов. - Рукопись.

Диссертация на получение ученой степени магистра по специальности 184 «Горное дело» специализации «Разработка месторождений и добычи полезных ископаемых». - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2018.

Диссертация посвящена обоснованию комбинированного режима короткозамедленного взрывания при разрушении горных массивов.

Временные интервалы замедленного короткозамедленного взрывания скважинных зарядов, которые рекомендуются учеными к применению, имеют значительные интервалы разбрасывания численных значений и они зависят от оптимального интервала замедления от физико-механических свойств горных пород, трещиноватости, конструкции зарядов и тому подобное. В связи с этим поиск рациональных показателей короткозамедленного взрывания скважинных зарядов является одной из основных вопросов для дальнейшего совершенствования взрывных работ.

Установлено, что максимальное значение объема разрушений горных пород определяется отношением расстояния между зарядами к скорости распространения волн напряжений в горном массиве. Предложена формула для определения рационального интервала замедления между взрывами групп зарядов, которая учитывает физико-механические свойства пород и основные параметры взрывания.

На основании результатов исследований предложены схемы взрывания формировать с учетом интервалов замедленного между группами скважинных зарядов и для смежных зарядов, размещенных в одной группе путем внедрения электронного взрывания.

Ключевые слова: скальные породы, горный массив, карьер, взрыв, скважинный заряд, взрывчатое вещество, комбинированный режим короткозамедленного взрывания, электронный способ взрывания.

ABSTRACT

Alifirenko A. Justification of the combined mode of short-delay blasting at the destruction of mountain ranges. - Manuscript.

Thesis for a master's degree in specialty 184 "Mining" specialization "Development of mineral deposits and mining." - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kiev, 2018.

The thesis is devoted to the justification of the combined mode of short-delay blasting in the destruction of mountain ranges.

The time intervals of the delayed short-delay blasting of well charges, which are recommended by scientists for use, have significant intervals of spreading numerical values and they depend on the optimal interval of deceleration on the physical and mechanical properties of rocks, fracturing, charge design and the like. In this regard, the search for rational indicators of short-delay blasting of well charges is one of the main issues for further improvement of blasting operations.

It is established that the maximum value of the volume of destruction of rocks is determined by the ratio of the distance between the charges to the velocity of propagation of stress waves in the mountain range. A formula is proposed for determining the rational deceleration interval between explosions of charge groups, which takes into account the physical and mechanical properties of rocks and the main parameters of blasting.

Based on the results of the research, blasting schemes have been proposed to take into account the delayed intervals between the groups of well charges and for adjacent charges placed in one group by introducing electronic blasting.

Key words: rocks, mountain range, quarry, explosion, borehole charge, explosive, combined mode of short blasting, electronic method of blasting.