

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

Тесля Олександра Дмитрівна

УДК 622.235

**УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ІНІЦІУВАННЯ СВЕРДЛОВИНИХ
ЗАРЯДІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ БУРОПІДРИВНИХ РОБІТ НА КАР'ЄРАХ**

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 «___» _____ 20__ р. о ___ на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, к.22, ауд. 511.

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

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. На кар'єрах, що розробляють скельні гірські породи, однією з найважливіших ланок є вибухові роботи, які визначають ефективність наступних технологічних процесів видобування та переробки корисних копалин.

Видобування скельних корисних копалин на кар'єрах характеризується прагненням підвищити ефективність технологічних процесів за рахунок більш інтенсивного подрібнення порід вибухом. В наш час найбільш розповсюдженим методом підвищення інтенсивності руйнування гірських порід є збільшення питомої витрати вибухових речовин (ВР). Однак в умовах високої вартості ВР та жорстких обмежень на забруднення атмосфери цей шлях не завжди є раціональним. Тому багато дослідників рекомендують керувати інтенсивністю вибухового руйнування за рахунок конструкції зарядів, а саме застосування повітряних та інертних проміжків у зарядах, розташування детонатора у нижній частині заряду, лінійне, багатоточкове та зустрічне ініціювання зарядів, формування заряду в оболонках та ін. Однак, в пропорованих конструкціях свердловинних зарядів ВР немає однозначних рекомендацій по параметрах ініціатора, які б забезпечили максимальну ефективність дії вибуху. Тому удосконалення способу ініціювання свердловинних зарядів при проведенні буропідливних робіт (БПР) на кар'єрах, що в кінцевому результаті дозволять підвищити ефективність вибухового руйнування гірських порід 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 НР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ДР 0115U005398), в якій автор брала участь.

Метою роботи є Розробка та обґрунтування заходів щодо удосконалення способу ініціювання свердловинних зарядів при масових вибухах на кар'єрах.

Основними задачами досліджень є:

- 1) проаналізувати існуючі способи ініціювання свердловинних зарядів вибухових речовин на кар'єрах;
- 2) встановити вплив параметрів розташування ініціаторів в циліндричному заряді на ефективність дії вибуху;
- 3) запропонувати раціональні конструкції циліндричних зарядів на основі порівняння методів їх ініціювання для вибухового руйнування гірських порід;
- 4) розглянути стартап-проект впровадження способу ініціювання свердловинних зарядів при проведенні буропідливних робіт на кар'єрах.

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

Предмет дослідження – спосіб ініціювання свердловинних зарядів на кар'єрах.

Методи дослідження: науковий аналіз – для узагальнення досягнень теорії і практики зі способів ініціювання свердловинних зарядів ВР при вибуховому руйнуванні масивів гірських порід; теоретичних досліджень – для обґрунтування ефективності багатоточкового ініціювання свердловинних зарядів ВР в порівнянні з точковим та лінійним підриванням; аналітичний – для визначення місць оптимального положення бойовиків в свердловинному заряді для досягнення необхідних результатів вибуху; експериментальних досліджень – для обґрунтування оптимальної кількості проміжних детонаторів; економічного аналізу стартапу – для підтвердження ефективності виконаних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

- теоретично підтверджена ефективність багатоточкового ініціювання свердловинного заряду в порівнянні з одноточковим та лінійним;
- показано, що ефективність дії багатоточкового ініціатора в 1,4...1,5 разів більша ніж одноточкового при певних значеннях відстані між бойовиками та швидкості детонації по заряду;
- обґрунтоване місце розміщення проміжних детонаторів в свердловинному заряді для підсилення дії вибуху в підшві уступу.

Практичне значення одержаних результатів:

- запропоновано раціональні конструкції свердловинних зарядів з багатоточковим ініціюванням, які дозволяють підвищити інтенсивність подрібнення скельних порід до 20 % в порівнянні з одноточковим;
- рекомендовано при багатоточковому ініціюванні замінити промислові ВР на ВР місцевого приготування при підриванні сухих і слабообводнених гірських порід.

Апробація результатів магістерської дисертації.

Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на 2-й Міжнародній науково-технічній конференції «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (м. Кривий Ріг, грудень 2017 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, квітень 2017 р. та квітень 2018 р.); І науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ присвяченій 120 річчю КПІ ім. І. Сікорського.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 98 сторінок з 59 рисунками, 22 таблицями, списком літературних джерел з 62 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** зазначено стан науково-технічної задачі з проблем керування енергією вибуху шляхом вибору оптимального режиму ініціювання свердловинних зарядів та відзначена її значущість. Визначені питання, що є

нерозглянутими та встановлено місце даної роботи у розв'язанні існуючої проблеми. Також зазначена доцільність проведення даних досліджень.

У **першому розділі** проведено детальний розгляд існуючих досліджень у вивченні методів керування енергією вибуху на основі удосконалення способів ініціювання свердловинних зарядів. Попри наукові досягнення у вивченні механізму дії вибухового руйнування скельних порід, питання ефективного керування енергією вибуху досліджені не повно.

Відзначено, що одним із методів керування розподілом енергії вибуху в масиві гірських порід є зміна характеру протікання детонації свердловинного заряду ВР, яку можна здійснити за рахунок застосування лінійного, багаточкового та однокривого ініціаторів. Однак, запропоновані науковцями конструкції зарядів і способи їхнього ініціювання не вказують на необхідні параметри такого ініціювання, що забезпечать найкращу ефективність.

За результатами аналізу існуючих наукових досліджень способів ініціювання свердловинних зарядів ВР встановлено, що необхідно науково обґрунтувати та удосконалити конструкції зарядів та способи їхнього ініціювання, котрі дозволять підвищити ефективність дії вибуху за рахунок керованості енергетичним потоком детонації.

У **другому розділі** представлена загальна характеристика району родовища та умов видобутку корисних копалин, наведена геологічна і технологічна характеристика родовища та стан гірничих робіт на кар'єрі ПрАТ «Єривський ГЗК», як основного об'єкту проведення експериментальних досліджень та впровадження їх результатів.

Відповідно до типізації родовищ твердих корисних копалин по складності інженерно-геологічних умов їх розробки Єривське родовище відноситься до типу родовищ, поміщених в скельні дислоковані, тріщинуваті породи, з наявністю зон дроблення, вивітрювання, з верхнім поверхом, що складається з товщі шаруватих пов'язаних і незв'язаних порід з середньою категорією складності інженерно-геологічних умов.

Балансові запаси корисної копалини наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Запаси Єривського родовища

Корисна копалина	Рудні поклади	Од. вим.	Категорія запасів					
			А	В	А+В	С ₁	А+В+С ₁	С ₂
Залізисті кварцити	Балансові запаси							
	К ₂ ⁵ , К ₂ ² та К ₂ ³³	тис. тон	-	271211	271211	550952	822163	49961
	в тому числі: К ₂ ⁵ , К ₂ ²	тис. тон	-	271211	271211	476457	747668	7330
	в тому числі: К ₂ ³³	тис. тон	-	-	-	74495	74495	42631

За результатами досліджень проб руди підсвіти К₂⁵ Єривського родовища відносяться до легко-і середне подрібнюваних. Загалом по родовищу руди відносяться до легко подрібнюваних.

Відпрацювання масиву м'яких порід проводиться поздовжніми заходками, спосіб виїмки - нижнім черпанням при завантаженні в автосамоскиди, що знаходяться на рівні стояння екскаватора. В якості виймально-навантажувального обладнання використовуються драглайни ЕШ-11/70 і ЕШ-14/50 (обсяги ковша 11 м³ і 14 м³ відповідно) (16 шт.), гідравлічний екскаватор RH-200 «зворотна лопата» з об'ємом ковша 28 м³ і використовується RH-340 «пряма лопата» з об'ємом ковша 34 м³. Екскаватори ЕШ-11/70 використовуються для проходки осушувальних траншей і їх поглиблення. Екскаватори ЕШ-14/50 (4 шт.) - для розробки м'яких порід розкриву.

Навантаження розкривних порід здійснюється безпосередньо з вибою в автосамоскиди Caterpillar 789C (28 шт.)- 180т і Caterpillar 793D (9 шт.)- 220 т.

Розробка порід скельного розкриву і руди, що мають міцність $f = 10-20$, буде проводиться екскаваторами RH-200 (4 шт.) і RH-340 (6 шт.) з попереднім розпушуванням буро-підривним способом. В якості бурового устаткування передбачається використовувати бурові верстати PV-275 (5 шт.) та ROC L8 (11 шт.) компанії Atlas Copco.

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

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

Проектна продуктивність кар'єру по гірничі масі становить 7,2 млн. м³. Продуктивність кар'єру по періодам розробки наведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Продуктивність кар'єру Єристівський ГЗК

Період	Місяць	Доба	Зміна
Продуктивність кар'єру, м ³ :			
по руді	333333	10963	5481.5
по скельному розкриву	266667	8770.5	4385.25
Разом, м ³	600000	19733.5	9866.75

В третьому розділі виконано обґрунтування методів керування енергетичними потоками на основі удосконалення способів ініціювання свердловинних зарядів.

Якщо вважати, що загальна величина імпульсу ударної хвилі від багатоточкового ініціатора вздовж довжині свердловини залежить від віддаленості точок ініціювання одна від одної, то сумарний імпульс детонаційної хвилі (ДХ) буде становити

$$I_1 = i_n r_0 \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{\text{BP}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{\text{BP}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) + \right. \\ \left. + \beta \left[\frac{1}{\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{\text{BP}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) \right)} + \frac{1}{\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{\text{BP}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) \right)} - 2 \right] \right]. \quad (1)$$

де D_{BP} – швидкість з якою розповсюджується детонаційна хвиля по ВР, м/с; $D_{\text{ДШ}}$ – швидкість детонації по детонуючому шнуру (ДШ), м/с; H – відстань між проміжними детонаторами, м; r_0 – радіус свердловини, м; i_n – питомий імпульс ініціювання.

При ініціюванні циліндричного заряду ВР одноточковим ініціатором значення імпульсу ДХ на довжині H визначається

$$I_2 = i_n r_0 \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{H}{r_0} \right) + \beta \left[\frac{1}{\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{H}{r_0} \right) \right)} - 1 \right] \right]. \quad (2)$$

У разі підривання циліндричного заряду лінійним ініціатором імпульс детонаційної хвилі, котра падає на стінку свердловини на одному і тому ж відрізьку H буде розраховуватись як

$$I_3 = i_n \left[\cos^2 \left(\operatorname{arctg} \frac{D_{\text{BP}}}{D} \right) + \beta \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{D_{\text{BP}}}{D} \right) \right] H. \quad (3)$$

Визначаємо різницю відносних імпульсів ДХ між багатоточковим і точковим ініціюванням та між багатоточковим і лінійним ініціюванням, в залежності від значень відстані H для того, щоб встановити ефективні режими взаємодії потоків енергії при багатоточковому ініціюванні заряду.

Якщо порівнювати з точковим ініціюванням можна записати:

$$(I_1 - I_2)/i_n = f(H); \quad (4)$$

при порівнянні з лінійним ініціюванням

$$(I_1 - I_3)/i_n = f(H). \quad (5)$$

На рис. 1 наведена залежність відмінності відносних імпульсів детонаційної хвилі від відстані між проміжними детонаторами H при багатоточковому та точковому ініціюванні.

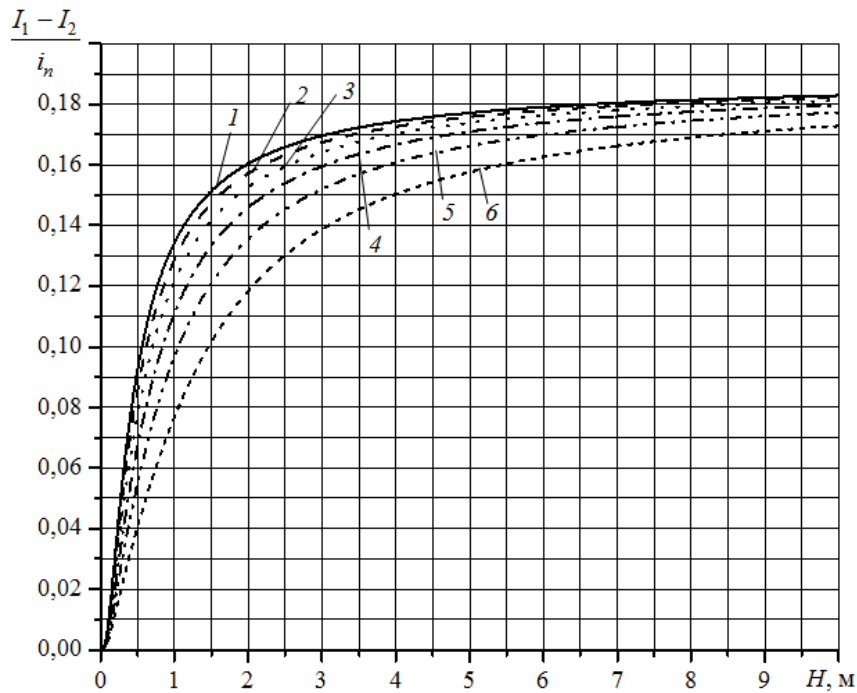


Рис. 1. Залежність різниці відносних імпульсів ДХ при багатоточковому та точковому ініціюваннях від відстані між проміжними детонаторами H при різних значеннях швидкості детонації по свердловинному заряду: 1 – $D_{BP} = 2500$ м/с; 2 – $D_{BP} = 3000$ м/с; 3 – $D_{BP} = 3500$ м/с; 4 – $D_{BP} = 4000$ м/с; 5 – $D_{BP} = 4500$ м/с; 6 – $D_{BP} = 5000$ м/с

Аналіз рис. 1 показує, що при різних відстанях між бойовиками при багатоточковому послідовному ініціюванні воно більш результативніше, ніж точкове. Максимальна величина різниці відносних імпульсів для швидкості розповсюдження ДХ по ВР $D_{BP} = 2500$ м/с становить 0,182 та для $D_{BP} = 5000$ м/с – 0,173 відстань від однієї точки ініціювання до іншої 10 м.

Також виконані розрахунки різниці відносних імпульсів ДХ при використанні багатоточкового ініціатора та лінійного.

Проведений аналіз отриманих результатів показує, що збільшення D_{BP} з 2500 до 5000 м/с призводить до підвищення ефективності багатоточкового ініціатора в порівнянні з лінійним. Зокрема, при порівнянні з Гелексом-650 різниця максимальних значень відносних імпульсів детонаційних хвиль підвищується з 0,016 при $D_{BP} = 2500$ м/с до 0,048 при $D_{BP} = 5000$ м/с, тобто в 3 рази. При розгляді багатоточкового ініціювання і лінійного з використанням ДШЭ-12 різниця відносних імпульсів становить 0,007 для швидкості детонації 2500 м/с і 0,027 при $D_{BP} = 5000$ м/с. Ефективність застосування багатоточкового ініціатора в цьому разі збільшується в 3,9 рази. Порівнюючи багатоточковий ініціатор та ЛІС слід зазначити, що при наведених швидкостях поширення детонації ефективність застосування першого підвищується в 5,3 рази, тобто максимальна різниця відносних імпульсів хвиль, що діють на стінки свердловини, змінюється з 0,003 до 0,016.

При одночасному ініціюванні двох точкових детонаторів в багатоточковому ініціаторі сумарний імпульс ДХ становить

$$I_1 = 2i_n r_0 \left[\operatorname{arctg} \frac{H}{2r_0} + \beta \left(\frac{1}{\cos \left(\operatorname{arctg} \frac{H}{2r_0} \right)} - 1 \right) \right]. \quad (6)$$

На рис. 2 наведена залежність різниці відносних імпульсів ДХ від відстані між детонаторами H при багатоточковому та точковому ініціюваннях.

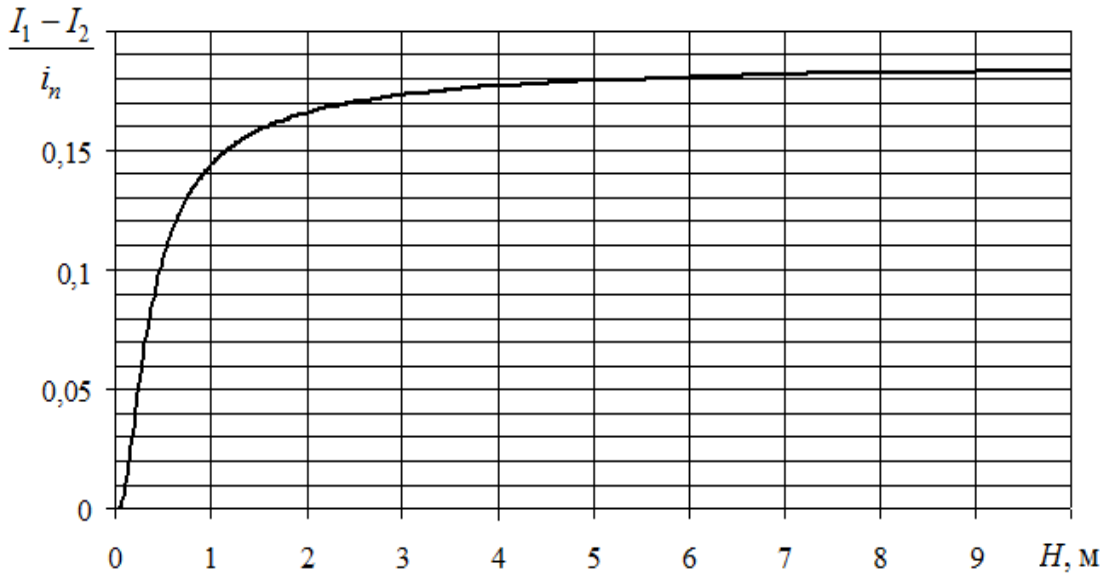


Рис. 2. Залежність різниці відносних імпульсів детонаційних хвиль при одночасному багатоточковому та точковому ініціюваннях свердловинного заряду від відстані між проміжними детонаторами H

Аналіз рис. 2 показує, що при відстані між точками ініціювання від 0 до 3,0 м спостерігається значне зростання різниці відносних імпульсів відповідно від 0 до 0,175, в подальшому інтенсивність зростання поступово зменшується і потім практично припиняється. Максимальне значення різниці відносних імпульсів становить 0,185. Таким чином, при будь-якій відстані між бойовиками при багатоточковому ініціюванні воно ефективніше, ніж точкове.

При порівнянні отриманих результатів досліджень ефективності підривання свердловинних зарядів ВР встановлено, що одночасне багатоточкове ініціювання проміжних детонаторів з використанням НЕСІ більш ефективно за послідовне багатоточкове ініціювання на основі ДШ.

Для встановлення оптимальної відстані між детонаторами багатоточкового ініціатора визначено збільшення сумарного імпульсу детонаційних хвиль, котрі діють на стінки свердловини, від двох проміжних детонаторів, в порівнянні з імпульсом ДХ від одного детонатора. Побудована графічна залежність зміни відношення I_1 до I_2 , коли відстані між точками ініціювання різні в багатоточковому ініціаторі H (рис. 3).

Проаналізувавши графічні залежності на рис. 3 можна зробити висновок, що швидкість детонації по ВР в котрій розташовані проміжні детонатори, суттєво впливає на сумарне значення імпульсу. При зростанні D_{BP} з 2500 до 5000 м/с ефективність використання послідовного багатоточкового ініціювання при виборі найкращої відстані між бойовиками, зменшується в 1,46 рази, якщо порівняти з однокотковим ініціюванням тобто з 57 % до 38,7 %.

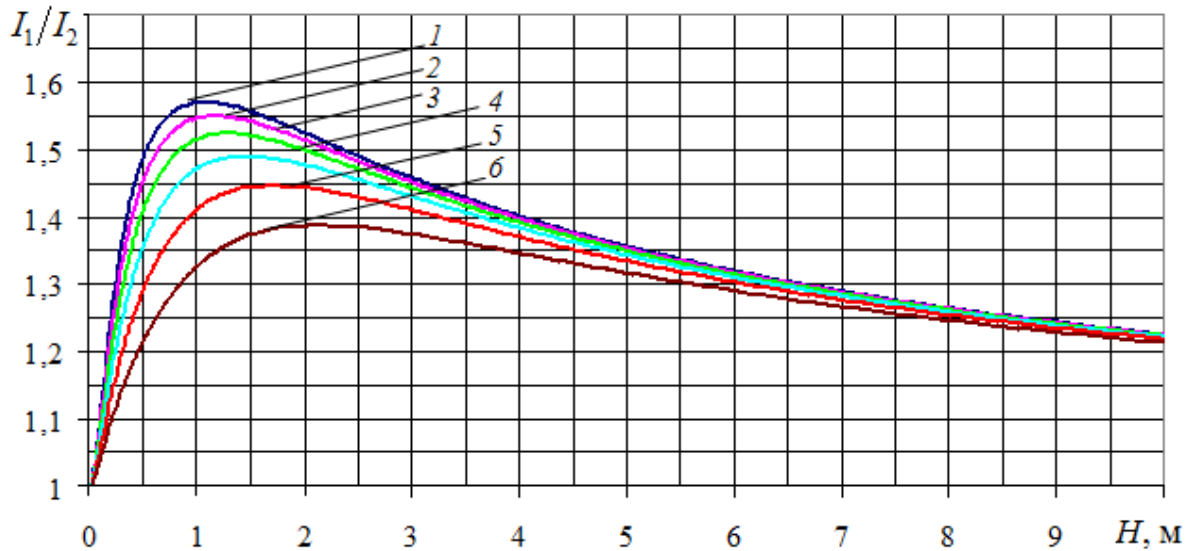


Рис. 3. Зміна відношень сумарних імпульсів детонаційних хвиль при послідовному багато-точковому I_1 і однокотковому I_2 ініціюваннях в залежності від відстані H між проміжними детонаторами при швидкості поширення детонації по ВР: 1 – 2500 м/с; 2 – 3000 м/с; 3 – 3500 м/с; 4 – 4000 м/с; 5 – 4500 м/с; 6 – 5000 м/с

Слід зазначити, що коли швидкість детонації по ВР збільшується, то раціональна відстань між проміжними детонаторами також збільшується, відповідно з 1,09 до 2,13 м (табл. 1).

Для порівняння одночасного багатоточкового ініціювання на основі НЕСІ з однокотковим, сформулюємо відношення сумарного імпульсу I_1 до імпульсу ДХ одиночного бойовика I_2 для різних відстаней між точками ініціювання H . Побудована графічна залежність зміни функції $I_1/I_2 = f(H)$ (рис. 4), за результатами розрахунків.

Таблиця 1. Оптимальна відстань між проміжними детонаторами

Швидкість детонації по ВР, м/с	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Відношення I_1/I_2	1,57	1,549	1,523	1,49	1,446	1,387
Оптимальна відстань між проміжними детонаторами, м	1,09	1,16	1,29	1,46	1,70	2,13

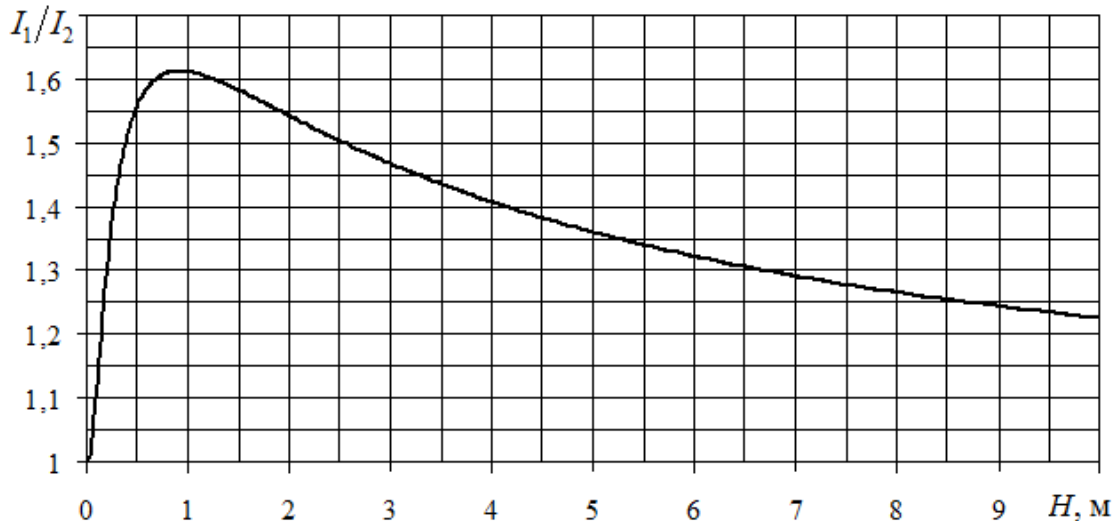


Рис. 4. Зміна відношень сумарних імпульсів ДХ при одночасному багатоточковому I_1 та одноточковому I_2 ініціюваннях в залежності від відстані H між проміжними детонаторами

Проаналізувавши залежність можна стверджувати, що швидкість детонації не впливає на загальне значення імпульсів. Коли відстань між детонаторами дорівнює 0,92 м, то досягається максимальна ефективність одночасного багатоточкового ініціювання при зіставленні з одноточковим

Порівнявши два способи ініціювання такі як: одночасне багатоточкове ініціювання і послідовне, можна підсумувати, що перше результативніше (значення ефективності вище на 4,2% ніж найбільше максимальне значення при другому способі ініціювання).

В роботі виконано також обґрунтування місця розміщення проміжних детонаторів в свердловинному заряді для підсилення дії вибуху в підшві уступу. Для того, щоб детонаційні хвилі зустрілися на рівні підшви уступу, з умови рівності часу поширення цих хвиль по заряду ВР від верхнього до нижнього бойовика, було визначено місце розміщення верхнього та нижнього проміжних детонаторів:

$$\frac{l}{D_{\text{ВР}}} + t_{\text{сп}} = \frac{l+h}{D_{\text{ХВ}}} + \frac{h}{D_{\text{ВР}}}, \quad (7)$$

де l – відстань від верхнього проміжного детонатора до рівня підшви уступу (рис. 5), м; h – відстань від рівня підшви уступу до нижнього проміжного детонатора, м; $D_{\text{ВР}}$ – швидкість поширення детонації по ВР, м/с; $D_{\text{ХВ}}$ – швидкість поширення детонації по хвилеводу, м/с; $t_{\text{сп}}$ – час внутрішньо свердловинного сповільнення верхнього проміжного детонатора по відношенню до нижнього, мс.

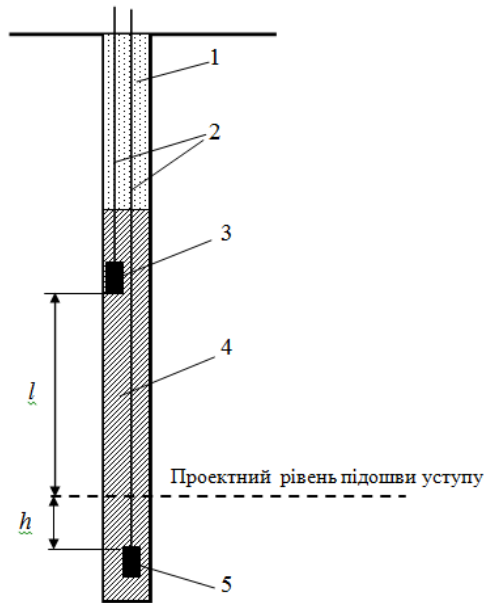


Рис. 5. Конструкція свердловинного заряду: 1 – забійка; 2 – ДШ або хвилевід; 3 – верхній проміжний детонатор; 4 – ВР; 5 – нижній верхній проміжний детонатор

В табл. 2 наведені результати розрахунку необхідного ступеня сповільнення між підриванням бойовиків у відповідності до (7) та додаткової довжини хвилеводу верхнього бойовика від устя свердловини до місця з'єднання бойовиків з мережею на поверхні для різних типів ВР, які використовують в умовах кар'єру ПрАТ «Ерисьтівський ГЗК». На підставі швидкості поширення детонаційної хвилі (по внутрішній поверхні хвилеводу), визначають додаткову довжину хвилеводу, приймається 2100 м/с.

Проаналізувавши дані табл. 2 можна зробити висновок, що для досягнення взаємодії енергетичних потоків, котрі розповсюджуються від джерел детонації треба при збільшенні швидкості вибуху по ВР збільшувати довжину хвилеводу верхнього проміжного детонатора від устя свердловини до місця з'єднання бойовиків з поверхневою мережею.

Таблиця 2. Розрахункові значення сповільнення між підриванням бойовиків та додаткова довжина хвилеводу верхнього бойовика

Тип ВР	Швидкість детонації ВР, м/с	Час сповільнення між підриванням бойовиків, мс	Додаткова довжина хвилеводу верхнього бойовика, м
Грамоніт 79/21	3600	2,52	5,30
Анемікс 70	5000	2,95	6,20
Полімікс ГР4-Т10	3200	2,33	4,90
Полімікс ГР5-Т18	3800	2,6	5,46
Полімікс ГР-1/8	3500	2,48	5,21
Комполайт ГС-6	2500	1,85	3,89

На рис. 6 представлена графічна залежність згідно табличних даних.

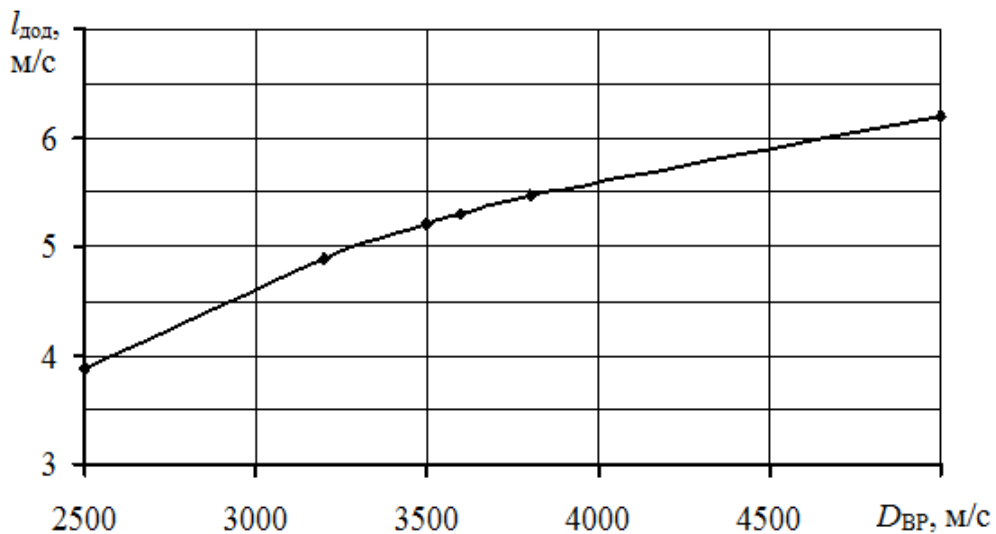


Рис. 6. Залежність між швидкістю детонації та додатковою довжиною хвилеводу при встановлених параметрах і конструкції свердловинного заряду

Таким чином, для забезпечення взаємодії енергетичних потоків на рівні підшови уступу необхідно на поверхні між місцем з'єднання хвилеводів з поверхневою мережею і устям свердловини залишати частину хвилеводу довжиною від 3,89 до 6,2 м в залежності від типу ВР та місця розташування проміжних детонаторів у свердловині.

В четвертому розділі виконано стартап-проект впровадження удосконаленого способу ініціювання свердловинних зарядів при проведенні буропідричних робіт на кар'єрах. Доведено, що застосування багатоточкового способу ініціювання свердловинних зарядів при вибуховому руйнуванні гірських масивів має попит на ринку гірничих технологій, тому можлива ринкова комерціалізація отриманих результатів досліджень. Впровадження удосконаленого способу ініціювання є перспективним, оскільки гірничі підприємства, в кар'єрах яких виконують вибухові роботи, зацікавлені в отриманні економічного ефекту за рахунок заміни промислових ВР на вибухові речовини місцевого приготування.

Економічний ефект від впровадження удосконаленого способу ініціювання свердловинних зарядів на кар'єрах підтверджена розрахунком, який здійснювався за двома конструкціями зарядів. В першій конструкції заряду здійснюється заміна грамоніту 79/21 на комполіт ГС. Сума коштів, що економиться на одному заряді, становить близько 255 грн., а за рік можлива економія складає 456988 грн. За другою конструкцією свердловинного заряду передбачено в нижній обводненій частині замінити тротил на полімікс ГР5-Т18, а іншу частину заряду сформувати з комполіту ГС замість грамоніту 79/21. Економічний ефект при застосуванні багатоточкового ініціатора у даній конструкції заряду становить 989 грн., а за рік можлива економія складає 5908011,2 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Попри наукові досягнення у вивченні механізму дії вибухового руйнування скельних порід, питання ефективного керування енергією вибуху досліджені не достатньо повно. Одним із методів керування розподілом енергії вибуху в масиві гірських порід є зміна характеру протікання детонації свердловинного заряду вибухової речовини. Це можна зробити за рахунок застосування лінійного, багаточкового та комбінованого ініціювання.

2. Згідно типізації родовищ твердих корисних копалини по складності інженерно-геологічних умов їх розробки Єристівське родовище відноситься до типу родовищ, поміщених в скельні дислоковані, тріщинуваті породи, з наявністю зон дроблення, вивітрювання, з верхнім поверхом, що складається з товщі шаруватих пов'язаних і незв'язаних порід з середньою категорією складності інженерно-геологічних умов. Враховуючи фізико-механічні властивості представлених в кар'єрі порід з коефіцієнтом міцності $f = 12-20$, IV категорії по важкості екскавації, підготовку гірських порід до виймання необхідно проводити буропідривним способом методом вертикальних свердловинних зарядів.

3. Встановлено, що сумарний імпульс ДХ від послідовного багатоточкового ініціатора завжди більший за імпульс ДХ від одиночного точкового при будь-яких відстані між бойовиками. Якщо відстані між точками ініціювання від 0 до 3,0 м, то різниці відносних імпульсів зростають до 0,14 при $DVP = 5000$ м/с та 0,17 при $DVP = 2500$ м/с; якщо збільшення відстаней між точками до 10 м, то інтенсивність зростання зменшується. Максимальна різниця відносних імпульсів становить 0,182 для $DVP = 2500$ м/с та 0,173 для $DVP = 5000$ м/с у разі 10 м між бойовиками.

4. Ефективність використання багатоточкового ініціювання при підриванні заряду ВР вища, ніж при лінійному ініціюванні. Найліпшою відстанню між бойовиками є значення, при якому різниця імпульсів буде найбільшою. Якщо зіставляти між собою послідовний БТІ та Гелекс-650, то відмінність найбільших значень відносних імпульсів зростає з 0,016 при $DVP = 2500$ м/с до 0,048 при $DVP = 5000$ м/с, тобто в 3 рази; з ДШЭ-12 – з 0,007 до 0,027, відповідно, тобто в 3,9 рази; з ЛІС – з 0,003 до 0,016, тобто в 5,3 рази.

При порівнянні одночасного БТІ з Гелексом-650 ефективна відстань між точками ініціювання для $DVP = 2500$ м/с становить 0,14 м, а для $DVP = 5000$ м/с – 0,28 м, тобто збільшується в 2 рази; порівняно з ДШЭ-12 відстань між бойовиками збільшується в 1,8 рази (з 0,11 м до 0,2 м) при зміні DVP з 2500 до 5000 м/с відповідно; порівняно з ЛІС ефективна відстань – 0,08 м для $DVP = 2500$ м/с та 0,17 м для $DVP = 5000$ м/с (збільшується в 2,1 рази).

5. Сумарна ефективність дії імпульсу ДХ послідовного БТІ у 1,39...1,57 разів більша, якщо зіставляти з одноточковим підриванням залежно від зміни DVP з 2500 до 5000 м/с. Загальний імпульс ДХ в 1,61 рази більше при одночасному БТІ за імпульс при одноточковому підриванні незалежно від

швидкості детонації. При послідовному БТІ ефективна відстань між бойовиками дорівнює 1,1...2,1 м при зростанні ДВР з 2500 до 5000 м/с, якщо ініціювання одночасне багатоточкове то – 0,92 м.

6. Для того, щоб відбувалась взаємодія енергій вибухів в підошві уступу, треба оставляти на поверхні частину хвилеводу (а саме, між місцем з'єднанням хвилеводів з мережею на поверхні і свердловинним устям). Довжина її визначається з умови (3.27) та залежить від положення бойовиків у свердловині та типу вибухової речовини.

7. Результати досліджень показали, що багатоточкове ініціювання має попит на ринку видобутку корисних копалин відкритим способом, це дає змогу ринкової комерціалізації стартап-проекту.

Впроваджене, на підставі теоретичних розробок, багатоточкове ініціювання при виконанні вибухових робіт в кар'єрах ПрАТ «Єривіський ГЗК» дало змогу застосовувати ВР місцевого приготування – комполайти ГС замість промислових тротиловмісних і емульсійних для дроблення сухих гірських масивів або малим ступенем обводненості. Отриманий економічний результат становить від 254,4 до 1143,78 грн на одну свердловину.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Горбань О. Д. “Розміщення бойовиків у свердловинному заряді для проробки підошви уступу” / О. Д. Горбань // Матеріали ІІ Міжнародної науково-технічної інтернет конференції «Іноваційний розвиток гірничодобувної галузі» – Кривий Ріг: КНУ. –2017. – С.27-28.

2. Горбань О. Д. «Порівняльний аналіз руйнування гірських порід при використанні багатоточкового ініціювання свердловинних зарядів» / О. Д. Горбань; М. В. Берещук// Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів” – Житомир: ЖДТУ. –2018. – С.28-31.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота на тему «Удосконалення способу ініціювання свердловинних зарядів при проведенні буропідривних робіт на кар'єрах» складається з 98 сторінок тексту пояснювальної записки, 59 ілюстрацій, 22 таблиць, 62 джерел за переліком посилань.

В дисертації виконано дослідження во встановленню ефективності застосування одноточкового, багатоточкового та лінійного способів ініціювання. Теоретично доведено ефективність багатоточкового ініціювання в порівнянні з одноточковим та лінійним в свердловинному заряді ВР. Показано, що ефективність дії багатоточкового ініціатора в 1,4...1,5 разів більша ніж одноточкового при певних значеннях відстані між бойовиками та швидкості

детонації по заряду. Обґрунтовано місце розміщення проміжних детонаторів в свердловинному заряді для підсилення дії вибуху в підшві уступу.

Запропоновані раціональні конструкції свердловинних зарядів з багатоточковим ініціюванням, які дозволяють підвищити інтенсивність подрібнення скельних порід до 20 % в порівнянні з одноточковим. Рекомендовано при багатоточковому ініціюванні замінити промислові ВР на ВР місцевого приготування при підриванні сухих і слабообводнених гірських порід.

Ключові слова: вибух, кар'єр, буропідривні роботи, багатоточкове ініціювання, лінійне ініціювання.