

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

Остапчук Артем Олександрович

УДК 622.235

**«КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ВЗАЄМОДІЇ СВЕРДЛОВИНИХ
ЗАРЯДІВ В УМОВАХ РОДОВИЩА БОБРОВА ГОРА»**

Спеціальність 184 - «Гірництво»

Автореферат
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2019

Дисертація є рукопис:

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

Науковий керівник: д.т.н., проф. Кравець В.Г., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», професор кафедри геоінженерії

Захист відбудеться 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 теми.

Буровибухові роботи (БВР) за сучасних умов роботи гірничодобувних підприємств поки залишаються фактично єдиним способом руйнування міцних гірських порід. Результати БВР значно впливають на ефективність наступних технологічних процесів: екскавацію, транспортування, механічне дроблення і сортування. У даний час до якості вибухової відбійки висуваються підвищені вимоги, які полягають в одержанні рівномірно роздробленого і заданого гранулометричного складу висадженої гірської маси. Під час вибухової відбійки вертикальними свердловинними зарядами, що є найбільш розповсюдженим засобом в умовах відкритих гірських робіт, істотний вплив на результати вибуху чинить розходження умов опору дії вибуху свердловинного заряду по висоті уступу.

В даний час в гірничій промисловості широке застосування короткосповільненого ініціювання зарядів обумовлює необхідність дослідження інтервалу ініціювання зарядів в схемі. Актуальність обраної теми ґрунтується на необхідності вдосконалення часу сповільнення між зарядами та створення нерівномірних силових полів в масиві між свердловинами з метою збільшення його руйнівної дії на масив, що руйнується.

Для збільшення ефективності ведення БВР необхідно раціонально вибрати час сповільнення, залежно від фізико-механічних властивостей гірського масиву та довжини проходження імпульсу по мережі. Якісне дроблення гірської маси досягається в основному за рахунок підвищення питомих витрат вибухових речовин (ВР), удосконалювання конструкції заряду. Разом з тим порівняно недостатньо уваги приділяється вивченню процесів, що протікають під час детонації вибухової речовини. Тому подальше дослідження даних процесів і створення на їх підставі удосконалених конструкцій заряду та схем комутації, внаслідок цього дослідження являється **актуальною задачею**, вирішення якої дозволить отримати значний економічний ефект.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну магістерську роботу виконано на кафедрі геоінженерії «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НДР: «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва (№ ДР 0115U005398), в яких автор брав участь як виконавець.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є встановлення часових параметрів формування силових та деформаційних полів в породному блоці, що висаджується масовим вибухом свердловинних зарядів для добору ефективної схеми КСВ. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

аналітично обґрунтувати закономірності формування нерівномірного силового і деформаційного полів;

встановити взаємозв'язок схем комутації вибухової мережі з часовими параметрами КСВ;

обґрунтувати вибір раціональної схеми КСВ.

Об'єкт дослідження Детонаційні та динамічні процеси в системі «джерела ініціюючого імпульсу - свердловинні заряди – міжзарядний породний масив»

Предмет дослідження. Деформаційні і часові параметри динамічних процесів в раціональній схемі короткосповільненого висаджування.

Методи дослідження. У роботі застосовано аналіз і узагальнення існуючих уявлень про особливості протікання детонаційних процесів в системі подовжених свердловинних зарядів в залежності від застосовуваних схем КСВ з використанням даних аналітичних досліджень. Методично дослідження оснований на комплексному аналізі і обробці результатів просторово-часових обчислень динамічних явищ в м зарядах та міжзарядному просторі.

Наукова новизна одержаних результатів.

- проаналізовано просторові і часові параметри перебігу детонаційного процесу в засобах ініціювання та в свердловинних зарядах під час масового короткосповільненого підривання гірських ;
- обґрунтовано конструктивні та особливості конструювання комбінованого свердловинного заряду та розроблено елементи його каскадного ініціювання.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено старт-ап проект з послідовною схемою комутації свердловинного заряду.

Особистий внесок здобувача. Основні результати та положення дисертаційної магістерської роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

Апробація результатів дисертаційної роботи.

Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на II-й науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, 2019 р.).

«ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАПИСУ ХВИЛЬОВИХ КОЛИВАНЬ» Чала Ольга Миколаївна, А. Остапчук, І. Дем'янов, О.С. Тарасюк, Д.В. Хлевнюк, ІГМ НАНУ; КПІ імені Ігоря Сікорського.

Публікації.

Результати дисертації роботи опубліковано у 2 наукових працях, в тому числі 2 - в матеріалах конференції.

Структура і обсяг дисертації.

Магістерська дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить ___ найменувань. Основний текст викладено на ___ сторінках друкованого тексту, містить ___ рисунків, ___ таблиці та ___ графіка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено методи проведення досліджень, показано практичне значення отриманих в дисертації результатів, наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію.

У першому розділі «Нормативні документи з виконання буропідричних робіт» викладено основні приписи про виконання підричних робіт на гірничих підприємствах, наведено відомості про вимоги до типового проекту ведення вибухових робіт стосовно конкретних умов. Наведені спеціальні види підричних робіт та умови їх проведення.

Вказуються вимоги до поводження з вибуховими матеріалами при проведенні вибухових робіт на кар'єрах.

Приведена класифікація вибухових матеріалів та вимоги до їх перевезення, зберігання, порядок знищення при невідповідності до вимог стандартів і ТУ. Наведений порядок і організація робіт щодо ліквідації зарядів, що не спрацювали та порядок допуску до робочих місць працівників після проведення масового вибуху.

У другому розділі « Загальна характеристика підприємства» наведено детальну характеристику родовища гранітів, мігматитів, гнейсів, діабазів «Боброва гора», що знаходиться в межах Коростенського району Житомирської області. Найближчими населеними пунктами є с. Гулянка – 1 км від кар'єру і с. Бондарівка – 5 км. Північніше родовища, на відстані 1,3 км, проходить автомагістраль обласного значення Коростень - Новоград-Волинський. Родовище віднесене до другої групи складності геологічної будови.

Родовище розвідане в 1952-1953 рр. трестом «Укргеолфонд». Наведено коротку геологічну і кліматичну характеристику кар'єра. Корисними копалинами на родовищі є свіжі і зачеплені вивітрюванням кристалічні породи, придатні для виробництва щебню. Основним видом опробування є відбір проб для фізико-механічних випробувань вихідних порід, відібраних у всіх свердловинах, кар'єрі і відслоненнях. Породи родовища характеризуються підвищеною тріщинуватістю. При дослідженні тріщинуватості по свердловинах та в кар'єрі встановлено, що на один погонний метр керна приходить 4-7 тріщин.

Відповідно до Протоколу ДКЗ за № 3665 від 29.09.2016 р. в результаті робіт, виконаних в 2016 р. на родовищі «Боброва гора», були затверджені балансові запаси граніту В - 20 793, С1 - 51 850. Разом: В+С1 - 72 643 тис. м³.

Родовище «Боброва Гора» характеризується простими гідрогеологічними умовами. Повсюдно набули поширення водоносний комплекс четвертинних відкладів та водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію. Коефіцієнт фільтрації четвертинних відкладів складає 1,37-1,51 м/д. Приплив води в кар'єрі, при глибині останнього до умовної позначки + 160 м складе 0,18 м³/добу на 1 п.м. виробки. Очікуваний приплив води, за даними водовідливу діючого кар'єру, складатиме 0,2 м³/добу на 1 п.м. периметра кар'єру.

Розрахункова величина припливу води з урахуванням дощових вод, збільшується в 3 рази і становить 0,6 м³ / добу на 1 п.м. периметра кар'єру.

Наведено якісну характеристику та фізико-механічні властивості корисної копалини. Незмінні вивітрюванням граніти за фізико-механічними властивостями відповідають вимогам. Потужність коливається від 65 до 104 м. В розділі приводяться дані про фізико-механічні властивості розроблюваних корисних копалин.

Щебінь, отриманий з гранітів, мігматитів, гнейсів, діабазів родовища «Боброва Гора», відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій цільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови» для марок 1200-1400 за міцністю, Ст-I—Ст-III за стираннями F-50 – F-300 за морозостійкістю. Згідно класифікації М. М. Протодьяконова граніти відносяться до міцних порід з коефіцієнтом міцності 12, категорії міцності по БНіП - IX.

Проектна потужність кар'єра по видобувних роботах - 850 тис. м³/рік
Термін служби кар'єра, визначений за проектом — 78 років.

Приведено дані про параметри кар'єрного поля, систему розробки. Параметри системи розробки дійсним проектом прийняті згідно “Норм технологічного проектування підприємств промисловості нерудних будівельних матеріалів” та “Єдиних правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом” з врахуванням прийнятої технології ведення гірничих робіт.

Розробка корисної копалини проводиться одноківшевыми екскаваторами ЕКГ -5А з попереднім спусненням за допомогою буровибухових робіт. Породи розкриття розробляються екскаватором ЕКГ-5А, навантажувачем Hyundai L780-7А та екскаватором VOLVO EC360В. Розкривні породи транспортуються у зовнішні відвали.

Транспортування корисної копалини і розкривних порід виконується автосамосвалами “БелАЗ-7522”.

Руйнування масиву проводиться підривними роботами-методом вертикальних свердловинних зарядів. Буріння свердловин проводиться буровими станками 5СБШ-200, з діаметром шарошкового долота 225 мм. Подрібнення негабариту виконується бутобоєм ВЛТВ-150 на основі екскаватора Hitachi ZX 350 LC-3.

Основним видом застосованих ВР є амоніт 6ЖВ. Вибухобезпечна зона прийнята за проектом радіусом 300 м, а в місцях косогорів, що перевищують 30⁰, становить 450 м.

В розділі 3 «Проектування параметрів буропідривних робіт» обґрунтовано метод ведення буро-підривних робіт. Згідно рекомендацій “Норм технологічного проектування” та досвіду роботи кар'єра в аналогічних умовах, для підготовки корисної копалини до виймання прийнято метод свердловинних зарядів

Підривання свердловинними зарядами на кар'єрі є основним способом підготовки гірських порід до виймання і їх подальшої переробки.

В цьому випадку на 20-40% зменшуються витрати вибухових речовин на одиницю гірничої маси. Також надається можливість підірвати значний об'єм гірської породи з метою подальшої її екскавації. Але цей метод має і ряд недоліків, зокрема: збільшується вихід негабариту порівняно з шпуровими зарядами; збільшується сейсмічна дія вибуху; існує можливість виникнення порогів в підшві уступу; можливе посилене викидання окремих кусків породи на верхній майданчик уступу.

На кар'єрі застосовується сучасний спосіб підривання зарядів неелектричною системою ініціювання „Нонель” для підривання свердловинних зарядів.

Виконано розрахунки параметрів буро-підривних робіт для двох варіантів застосування промислових ВР – амоніту 6ЖВ та ігданіту, які відрізняються за детонаційними характеристиками, щільністю та енергетикою. Для кожного варіанту визначено лінії опору по підшві уступу:

діаметр долота 225 мм з станком 5СБШ-200., щільність заряджання, відстань між зарядами в ряду, відстань між рядами, величину перебуру, довжину свердловини, об'єм породи, який підривається однією свердловиною, масу заряду, довжину заряду, довжину набивки, виконано розрахунок параметрів масового вибуху, загальні витрати ВР на масовий вибух, кількість свердловин для підривання блоку, вихід породи з одного метра свердловини, висота та ширина розвалу породи, обчислено витрати засобів підривання та інтервал короткоуповільненого підривання. Визначено вихід негабариту, вибір способу руйнування та розрахунок витрат для подрібнення негабариту.

Визначення необхідної кількості бурового обладнання - кількість робочих бурових верстатів та кількість резервних бурових верстатів

В розділі виконано дослідження ступеня сповільнення взаємодії між зарядами. Практичні завдання, пов'язані з розробкою способів управління вибуховим імпульсом, вирішуються призначенням певної конструкції і конфігурації зарядів, розробкою способів просторового їх розподілу в руйнованому середовищі. У зв'язку з тим, що в реальних умовах кінцеві лінійні параметри зарядів порівнянні з розмірами оброблюваного блоку, слід розглядати характер формування імпульсу з урахуванням обмеженості джерела динамічних навантажень та реальних часових і швидкісних параметрів поширення процесу детонаційного розкладання по системі.

Розглянуто часові та просторові параметри суттєво різних за швидкістю процесів: поширення ударної хвилі, розвитку тріщинуватості та масових зрушень руйнованих порід від джерела створених напружень та переміщень.

Досліджено часові параметри КПС в прикладі послідовної схеми комутації свердловинних зарядів (рис.1) з однією вибуховою речовиною та з комбінацією різних ВР, дослідження проводились також з чергуванням ВР в рядах.

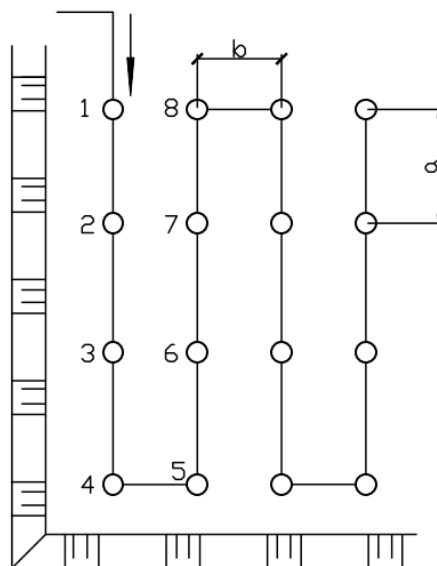


Рис. 1 Послідовна схема комутації.

Мірилом ефективності схеми є створення умов взаємодії зрушених мас між собою під певним кутом, який за відомим досвідом має наближатись до 90° . Час, за який відбувається ініціювання зарядів в двох послідовно з'єднаних свердловинах за послідовною схемою, розраховується за формулою:

$$t = \frac{l_{BP}}{D} + \frac{l}{C_{XB}}$$

де l_{BP} - довжина заряду, l – відстань між зарядами, D – швидкість детонації, C_{XB} – швидкість фронту процесу.

Для визначення кута поширення α фронтів відносно осі заряду через швидкості та відстані переміщення відповідних фронтів за час спрацювання всього заряду ВР в свердловині (рис.2) використовуємо формулу:

$$tg\alpha = \frac{l_1}{l_2}$$

В залежності від фіксованих часових параметрів розраховано: відстань переміщення ударної хвилі, фронту зони тріщинуватості, фронту масового зрушення висадженої призми від свердловини №1 до свердловини №8 (1 період) з однією ВР в схемі. В таблиці 1 показані результати досліджень.

Таблиця 1

Відстані переміщення фронтів навантажень на масив при вибуху свердловинних зарядів з амонітом 6ЖВ.

Параметри	Св.№1, м	Св.№4, м	Св.№5, м	Кут зустрічі фронтів, α , $^{\circ}$
Ударна хвиля	280	160	120	51
Тріщиноутворення	140	80	60	68
Масове переміщення	4,2	2,4	1,8	90

В таблиці 2 приведені результати розрахунку з різними типами ВР в рядах.

Таблиця 2

Відстані переміщення фронтів навантажень на масив з різними ВР в рядах

Параметри	№1, м	№4, м	№5, м	Кут α , $^{\circ}$	
				Амоніт 6ЖВ	Ігданіт
Ударна хвиля	296	176	132	51	40
Тріщинуватість	148	88	66	68	59
Масове переміщення	4,44	2,64	1,98	90	89

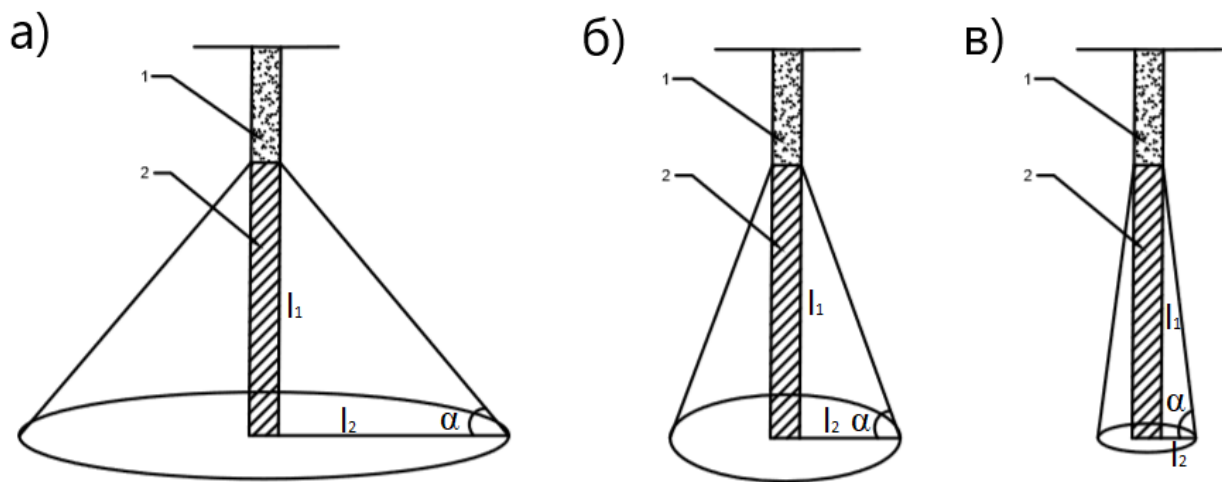


Рис.2 Фронти навантаження міжзарядної призми: а- ударна хвиля, б – тріщиноутворення, в – мвсові зміщення

Ефективне подрібнення масиву гірської породи досягається в першу чергу шляхом створення в масиві багатократного динамічного навантаження. Мінеральні структури гірської породи динамічно навантажуються шляхом послідовного підривання окремих зарядів або їх груп в режимі коротких сповільнень (КСП). Виходячи з розрахунків наведених в таблицях 1 і 2, теоретично досліджені кути, під якими рухаються навантаження. При використанні однієї ВР в схемі при ініціюванні заряду бачимо, що фронти масового переміщення спрямовуються під одним кутом і при зустрічі фронтів переміщень вони будуть взаємодіяти один з одним в ефективному режимі. При використанні різних ВР в рядах досягається зміна кута фронту напружень в зустрічних ударних хвилях, що створює умови для нерівномірних динамічних навантажень. Вони ускладнюють деформаційну картину на першому етапі руйнування, але на етапі масових переміщень за рахунок значно меншої швидкості процесу практично відтворюють умови взаємодії на етапі їх зіткнення.

В 4 розділі приводиться старт-ап проект « Послідовна схема комутації вибухової мережі з використанням різних типів ВР в рядах»,

ВИСНОВКИ.

1. Аналітично вивчено закономірності формування полів напружень, фронту тріщиноутворення та фронту масових зрушень навколо суміжних подовжених зарядів при застосування послідовної схеми КСП.
2. Встановлено, що на етапі формування силових полів навколо зарядів ефективною схемою є використання різних типів ВР в суміжних рядах послідовної схеми; на етапі взаємодії низькошвидкісних масових зрушень схем

из однією ВР та з різними ВР в суміжних рядах рівноцінні, тому слід вважати схему з різними ВР переважаючою, оскільки на стадії взаємодії ударних хвиль в масиві створюються поля нерівномірних навантажень, які в подальшому сприяють підсиленню кінцевих деформаційних явищ.

3. Розроблено старт-ап технології КСП з послідовною схемою комутації вибухової мережі з використанням різних типів ВР в рядах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Основи положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, 2019 р.).
2. «ФІЛЬТРАЦІЯ ЗАПISУ ХВИЛЬОВИХ КОЛИВАНЬ» Чала Ольга Миколаївна, А. Остапчук, І. Дем'янов, О.С. Тарасюк, Д.В. Хлевнюк, ІГМ НАНУ; КПІ імені Ігоря Сікорського.

АНОТАЦІЯ

Остапчук А.О. Керування механізмом взаємодії свердловинних зарядів – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво» – Розробка родовищ та видобування корисних копалин. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2019.

Дисертація присвячена дослідженню керування механізмом взаємодії свердловинних зарядів, а саме у вивченні закономірностей взаємозв'язку механічного ефекту вибуху свердловинного заряду з параметрами свердловини і схеми комутації, що визначають можливість керування висаджуваністю.

В роботі експериментально доведено, що складне силове поле породжується взаємодією хвиль напружень між собою і структурними елементами реального гірського масиву. Під дією сумарного силового поля в гірській породі розвивається система радіальних і відривних або тангенціальних тріщин. Розвиток систем тріщин стає передвісником значних масових зрушень породних мас. На кінцевій стадії масового вибуху відбуваються зустрічні зрушення окремих ділянок руйнівного масиву, які супроводжуються їх взаємодією. Відбуваються потіжні ударні взаємодії породних мас, які вважаються основним чинником вибухового руйнування масиву.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: свердловинний заряд, масовий вибух, ударна хвиля, набивка, схема комутації, параметри.

SUMMARY

Ostapchuk AO Control of the mechanism of interaction of well charges - Manuscript.

Dissertation for the Master's Degree in the specialty 184 "Mining" - Development of deposits and mining. - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the study of control of the mechanism of interaction of well charges, namely to study the patterns of correlation of the mechanical effect of the explosion of the well charge with the parameters of the well and the switching circuit that determine the ability to control the landing.

It is proved experimentally that a complex force field is generated by the interaction of stress waves between themselves and the structural elements of a real mountain range. Under the influence of the total force field in the rock develops a system of radial and tear or tangential cracks. The development of cracks systems heralds significant mass shifts of rock masses. At the final stage of a mass explosion, there are counter-shifts of individual sections of the destructive massif, which are accompanied by their interaction. There are powerful shock interactions of rock masses, which are considered the main factor in the explosive destruction of the massif.

KEY WORDS: borehole charge, mass explosion, shock wave, gasket, switching scheme, parameters.