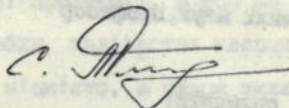


Міністерство освіти України

КРИВОРІЗЬКИЙ ГІРНИЧОРУДНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

Тимофіїв Сергія Георгійович



УДК 622.235.5:622.272

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЙДУВАННЯ ГІРСЬКИХ
ПОРІД ЗА РАХУНОК КЕРОВАНОЇ СУПЕРПОЗИЦІЇ
ВИБУХОВИХ ХВИЛЬ

Спеціальності : 05.15.02 - "Підземна
розробка родовищ корисних копалин";
05.15.11 - "Фізичні
процеси гірничого виробництва"

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кривий Ріг - 1994

НВ 37.333

Робота виконана в Криворізькому гірничорудному інституті

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор

Напівко В.П.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Клочков В.Ф.

кандидат технічних наук

Вороталик Г.А.

Провідна організація - ВО "Кривбасруда", місто Кривий Ріг.

Захист дисертації відбудеться "16" грудня 1994 р.
о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої ради Д-160103
Криворізького гірничорудного інституту за адресою: 324027,
м.Кривий Ріг, вул.ХІІ партз'їзду, ІІ.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту
адресою: 324002, м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37.

Автореферат розіслано "12" листопада 1994 р.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Учений секретар
спеціалізованої ради,
кандидат технічних наук,
професор

Г.Т. Фаустов
Г.Т. Фаустов

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00777198 (\$)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Основним напрямком науково-технічного прогресу в ускладнившись економічних умовах повинно стати створення високоефективних технологій, забезпечуючих міні-мальну собівартість виробляемої продукції. В той же час, у зв'язку із залученням до розробки залізистих кварцитів з низьким вмістом заліза та високою міцністю, а також зменшення рівня гірничих робіт, собівартість сировини металургійної промисловості, яка видобувається на шахтах Криворізького басейну, зростає.

Таким чином, сучасний етап розвитку залізорудної галузі ставить все більш суперечливі вимоги до головних фізичних процесів гірничого виробництва. З одного боку, видобуток важко-висаджуваної сировини, що потребує збагачення, вимагає нарощування руйнівних факторів вибуху. З другого боку, задача не може бути вирішена шляхом збільшення обсягу буролідривних робіт. Це пов'язано з неминучим у такому випадку зростанням сейсмічної дії масових вибухів та їх руйнівного впливу на конструктивні елементи систем розробки. Підтримання їх стійкості стає при цьому складним, особливо по мірі зростання гірського тиску. Окрім того, перешкодою виступає подорожчання БТР, а також скорочення випуску БР. Проте інших, досить досконалих, технічних рішень питання високоефективного руйнування міцних гірських порід у теперішній час не існує, незважаючи на велику кількість праць в галузі керування дією вибуху. Але є в наявності мало опановані у підривній справі фізичні явища, зокрема суперпозиція вибухових хвиль та знеміцнювання від втоменості гірських порід. Вони спроможні суттєво підсилити дезинтеграційну дію вибуху за рахунок збільшення частки його енергії, витрачаємої на корисні форми роботи. Тому підвищення ефективності руйнуван-

ня гірських порід шляхом підсилення локального подрібнюючого ефекту вибуху, без його нарощування у віддалених областях масиву, на засадах залучення нетрадиційних фізичних принципів, залишається актуальною проблемою гірничого виробництва.

Метод роботи є підвищення ефективності відбивання руди та її подальшої переробки за рахунок більш раціонального використання енергії вибуху на етапі очисного виїмання.

Ідея роботи полягає у використанні фізичних явищ супер-позиції вибухових хвиль та зменшення від втоменості гірських порід заради підвищення ефективності їх руйнування.

Наукові положення, які захищаються в роботі:

1. При скороченні протяжності досліджуемого відрізка колонкового заряду до величини, що суттєво поступається довжині випромінюваної вибухової хвилі, припиняються якісні зміни його властивостей. Він стає простішим випромінювачем дипольного типу з симетричною діаграмою напрямленості, близькою до тороїдальною. Такий відрізок може розглядатися як елементарний заряд. Елементарні заряди, що складаються у складі колонкового, здатні спричиняти взаємопродушуючу дію, яка проявляється у зникненні параметрів випромінюваних хвиль та послабленні їх подрібнювочої спроможності.

2. Сукупності елементарних зарядів, що складають колонкові, сумарно дією генерують хвильові поля, що відзначаються поверхневими рівнями максимальних напруг /еквінапруженими поверхнями/. Їх розташування визначає розміри та конфігурацію зон різної градації подрібнення.

3. Частотно-часові параметри сумарних вибухових хвиль колонкових зарядів залежать від порядку суперпозиції частинних дій елементарних зарядів. Тому при нестационарних режимах детонації можливе генерування хвильових полів з малими градієнтами

максимальних напрут /розсовування еквінапружених поверхонь/ у межах руйнуємих об'ємів гірських порід. Це спричиняє перенос частини подрібнюючої спроможності вибуху з ближньої зони його дії на периферію.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених завдань були використані апробовані методи теоретичного аналізу, методи моделювання та експериментальні методи з залученням сучасної високоточної виміральної апаратури.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечувались використанням положень фундаментальних наук, застосуванням вірогідних методів аналітичних, експериментальних досліджень та моделювання, а також випробуваннями у промислових умовах. Достовірність висновків підтверджена доброю збіжністю теоретичних та експериментальних результатів.

Наукова новизна роботи полягає у виявленні раніше невідомих закономірностей випромінювання енергії елементарними зарядями. Це дозволило уточнити їх природу та дію, запропонувати нову методику розрахунку хвильових полів колонкових зарядів та новий спосіб керування полями.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розроблених способів секційного висаджування колонкових зарядів та системи випереджючого ініціювання секцій. Використання названих способів та системи при очисному знятті підвищує ефективність відбієм та дезінтеграції корисних копалин.

Реалізація роботи. Результати досліджень використані при утворенні ніші в залізистих кварцитах в квершлагу осі + 8, горизонту 227 м, шахти ім. Орджонікідзе та при відбієті руди під час відпрацювання блоку 173-176, горизонту 952 м, шахти "Твардїєвська" ВО "Кривбасруд".

Апробація роботи. Основні положення та результати досліджень доповідалися та отримали схвалення на Всесоюзних науково-технічних нарадах та конференціях "Безпечна техніка та комплексна механізація буропідриєвних робіт на гірничих підприємствах" /м.Ворошиловград, 1979/; "Теорія та практика проектування, будівництва та експлуатації високопродуктивних підземних рудників" /м.Москва, 1990 р/; "Інтенсивні методи підземної розробки рудних родовищ на великих глибинах" /м.Москва, 1990 р/.

Публікації. За наслідками виконаних досліджень опубліковано 12 робіт, одержано 4 авторських свідоцтва.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 глав та закінчення, викладених на 141 сторінці машинописного тексту, містить 85 рисунків, 4 таблиці, бібліографічний список, що вміщує 126 джерел, та 22 додатка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Центральною задачею гірничого виробництва – видобування корисних копалин – своєю суттю висовує суперечливі вимоги до здійснюваних виробничих процесів. Гірські породи в межах шарів, що підлягають відбоям, мають бути відділеними від масиву, інтенсивно роздроблені та кінець кінцем дезінтегровані. У той же час масив, що приймає до обвалюємих об'ємів, з метою збереження міцності, має бути гранично захищеним від руйнівних впливів. Останнє необхідно для підтримання цілісності поверхонь вироблених просторів, наявність яких передбачається прийнятою системою розробки. Крім того, якість подрібнення шарів корисної копалини, відбієна яких здійснюється пізніше, є тим більшою, чим менше вони порушені попередніми вибухами. Тому підвищення ефективності роботи гірничодобувних підприємств вимагає локального підсилення подрібнювального ефекту вибуху, без нарощування

такого у віддалених зонах масиву.

Аналіз досліджень руйнування гірських порід, що здійснюється вибухом, викладених у працях багатьох авторів, зокрема Д.І.Барона, Ф.І.Баума, Г.П.Демидька, М.Ф.Друкованого, Е.І.Ефремова, Ф.І.Кучерявого, Н.В.Мельникова, Г.І.Покровського, В.Н.Родіонова, М.А.Садовського, А.Ф.Суханова, А.Н.Ханукава, свідчить про те, що частка енергії вибуху, яка використовується на здійснення корисних форм його роботи, по теперішній час залишається незначною. В той же час ряд учених, наприклад Д.С.Меєв, М.П.Мохначев, В.А.Падуков, зазначають, що є можливість суттєво підвищити ефективність висаджування за рахунок більш повного використання нетрадиційних аспектів дії зарядів ВР та фізичних принципів, наприклад, ефектів втомленості та зменшення потужними вибуховими хвилями. При цьому міцність матеріалу може зменшуватися на порядок.

Незважаючи на існуючі прогалини в теорії руйнування гірських порід вибухом, на теперішній час створено ряд практичних прийомів керування дією вибуху, що частково відповідають висунутим вимогам. Проте жоден з них не є вільним від вад.

Ця дисертаційна робота, у світлі викладеного, виконана з метою подальшого вдосконалення відбійки, подрібнення та дезінтеграції залізних руд, без підсилення руйнівних впливів на масив. При цьому вирішувались такі наукові задачі:

1. Установлювалися роль вибуху в дезінтеграції корисних копалин та межі його доцільного використання у загальному процесі руйнування.

2. Установлювалися закономірності випромінювання колонковими зарядами вибухових хвиль в оточуюче середовище та властивості хвильових полів, що формуються в ньому.

3. Розроблялися методи керування дією вибуху, які,

залишаючи енергетичні витрати на відбій у межах оптимальних, підвищують ефективність руйнування вибухом. При цьому ставилося за мету максимально підсилити ефект знеміцнювання матеріалу гірської маси, що відбита, для полегшення операцій невибухового подрібнення під час збагачування корисної копалини.

Для раціонального розподілу загальної роботи руйнування гірських порід поміж різними способами її виконання та для вибору напрямків удосконалення вибухового способу, було здійснено порівняльний аналіз різних методів руйнування з оцінкою їх за критерієм вартості виконання одиниці роботи дезинтеграції. Зокрема, для вибухового та механічного методів, відношення цих вартостей виглядає так $C_1/C_2 = \zeta_1/\zeta_2 (\eta_1/\eta_2)^{-1}$. Бачимо, що величина відношення залежить тільки від питомих вартостей видів енергії, що використовуються, ζ_1 та ζ_2 та від сумарних к.к.д. механізмів та процесів η_1 та η_2 . Це дозволяє оцінити ефективність здійснення повної роботи руйнування різними шляхами величиною відношення

$$\zeta_{1,2}/\zeta_2 = 1 + \xi_1 (C_1/C_2 - 1), \quad / I /$$

де $\zeta_{1,2}$ - вартість питомої роботи руйнування гірських порід від вихідного стану до матеріалу кінцевої крупності, що виконуватиметься послідовно вибухом та у механічному циклі;

ζ_2 - вартість тієї ж роботи, при її механічному здійсненні;
 ξ_1 - ступінь руйнування, що забезпечується вибухом.

Аналіз виразу /I/ привів до висновку, що роль вибуху має обмежуватися технологічно доцільними параметрами гірничого виробництва - тільки як безальтернативного засобу відділення гірських порід від масиву. У той же час з'ясовано, що головна руйнівна дія вибуху міститься у розвитку прихованих форм дезинтеграції висаджуваного матеріалу, що використовуються у тепе-

різній час недостатньо. Таким чином, залишаючи вибух в межах технологічної доцільності, можна підняти його к.к.д. за рахунок удосконалення висаджування по трьох напрямках:

1. Обробкою гірських порід у межах обвалюємих об'ємів вибуховими хвилями високої інтенсивності, що викликають бурхливий ріст їх дезінтеграції в прихованій формі.
2. Підсиленням втомленості під дією вибуху на гірські породи. Здійснюється це за рахунок надання навантаженню гірських порід пульсуючого характеру.
3. Зниженням втрат енергії вибуху в зоні його бризантної дії.

Дослідженнями першого напрямку удосконалення підривних способів руйнування, виконаними методами спектрального аналізу та синтезу, встановлено, що елементарні заряди у складі колонкових є простішими випромінювачами дипольного типу. Відмітною ознакою, що дозволяє віднести заряд до елементарних, виступає мала протяжність заряду у порівнянні із довжиною випромінюваної у зовнішнє середовище хвилі. Експериментально була підтверджена наявність усіх передбачених теоретично ефектів. Завдяки цьому стало можливим використання поняття коротко-часних елементарних імпульсів.

Такий підхід дозволив записати спектр імпульсу, випромінюваного елементарним зарядом, що віддалений від ініціатора на відстань a , при його надходженні в точку спостереження, яка розташована на відстані r від елементарного заряду:

$$S(j\omega) = \frac{e}{a-r} \frac{\int_0^r i(r) dr}{(r/R_0)^v} \cdot e^{-j\frac{\omega a}{D}} \cdot e^{-j\omega \int_0^r \frac{dr}{V_{\delta x}(r)}} \int_{-\infty}^{\infty} I(t) e^{-j\omega t} dt, /2/$$

де ζ - коефіцієнт затухання; R_0 - радіус заряду;
 ν - показник геометричного розбігу; ω - частота гармоніки; D - швидкість детонації; $V_{\text{ВХ}}$ - швидкість вибухових хвиль; t - час. У виразі /2/ функція часу $\mathcal{F}(t)$ має вигляд

$$\mathcal{F}(t) = da \int dx P_0 \Phi_0(t-a/D) \Phi_n \Phi_p \Phi_b,$$

де χ - довжина лінії контакту заряду із середовищем у перерізі a ; P_0 - тиск у фронті детонації; Φ_0 - функція, що ураховує спад тиску детонації; Φ_n - функція переломлення детонаційної хвилі в удару; Φ_p - функція реакції зарядної порожнини на детонаційний імпульс; Φ_b - функція, що характеризує властивості порожнини, як випромінювача.

Останні три функції відбивають складний процес трансформації імпульсного навантаження стінок зарядної порожнини продуктами детонації у початкову ударну хвилю.

Відновлення радіальних та колових напруг, що утворені дією i -го елементарного заряду, як функція часу, здійснюється за виразами:

$$\sigma_{Ri} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) a \rightarrow r \cdot e^{j\omega t} d\omega; \quad /3/$$

$$\sigma_{\theta i} = \mu \sigma_{Ri} / (1 - \mu).$$

де μ - коефіцієнт Пуасона. Напружений стан середовища знаходиться інтегруванням для кожної точки простору дії /3/, що утворені усіма елементарними зарядами.

Виконаний за спрощеною методикою аналіз дозволив виявити закономірності формування хвильових полів колонкових зарядів. Їхню внутрішню структуру, обриси еквінапружених поверхонь, що

оточують заряди. При цьому стало очевидним, що задача поліпшення якості подрібнення гірської маси, рівно як і однорідного розподілу у ній ступеню прихованої дезінтеграції, вимагає як можна найширшого розсунення, в межах шарів, що відбиваються, еквінапружених поверхонь, які близькі до оптимальних. Це дає змогу запропонувати принцип керування дією вибуху, що докорінно змінює розподіл його руйнувчої спроможності у просторі: значно знижує її безпосередньо біля зарядних порожнин та підвищує на відстанях, близьких до типових значень лінії найменшого опору /ДНО/. При висаджуванні міцних та середньої міцності гірських порід такий ефект досягається розщеплення сумарних вибухових хвиль у послідовності частинних та керованою суперпозицією останніх на певних відстанях від зарядів. Технічно він може бути здійснений шляхом поділу зарядів на рівні секції та їх підривом у режимі випереджачого ініціювання. У випадку розміщення поміж секціями інертних проміжків частинна хвиля, що випромінена i -ю секцією, описується системами нерівностей:

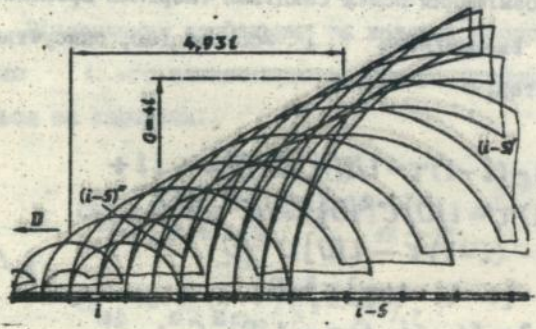
$$\left\{ \begin{array}{l} y \leq \sqrt{D^2 - c^2} [t - (i-1)\tau - l/D] c/D + \{x + il + \\ + [t - (i-1)\tau - l/D] c^2/D\} c/\sqrt{D^2 - c^2}; \\ x \geq -il - [t - (i-1)\tau - l/D] c^2/D; \\ x \leq -(i-1)l - [t - (i-1)\tau] c^2/D; \\ (x + il)^2 + y^2 \geq [t - (i-1)\tau - l/D]^2 c^2; \\ [x + (i-1)l]^2 + y^2 \geq [t - (i-1)\tau]^2 c^2; \end{array} \right. \quad /4/$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (x + il)^2 + y^2 \leq [t - (i-1)\tau - l/D]^2 c^2; \\ [x + (i-1)l]^2 + y^2 \geq [t - (i-1)\tau]^2 c^2; \end{array} \right. \quad /5/$$

$$\begin{cases} (x+il)^2 + y^2 \geq [t - (i-1)\tau - l/D]^2 C^2; \\ [x + (i-1)l]^2 + y^2 \leq [t - (i-1)\tau]^2 C^2, \end{cases} \quad / 6 /$$

де C - швидкість розповсюдження вибухових хвиль; τ - інтервали уповільнення спрацьовування секцій; l - довжина секції.

Система / 4 / відповідає ділянці частинної хвилі, де її внутрішня структура визначає дворазове накладання дій, системи / 5 / та / 6 / - ділянкам одноразових дій. В умовах відсутності інертних проміжків частинні вибухові хвилі розпадаються на основні та додаткові і описуються набагато складнішими системами. Розв'язування систем на ЕОМ "Іскра-1030 М" дозволило побудувати картини хвильових полів для головних випадків детонації колонкових зарядів. Одна з картин розташування частинних хвиль приведена на рис.1.



З'ясувалося, що найбільш прийнятним для раціональної дії вибуху від суперпозиції частинних хвиль виникає за умовою

$$\tau = (0,5 - 0,7)l/D. \quad / 7 /$$

Рис.1. Картина хвильового поля, що формується секціонованим колонковим зарядом з інертними проміжками, при $D=C$ та $\tau = l/2D$, у мить закінчення детонації в секції з порядковим номером $i+1$: ' та '' - символи, позначаючі розширені та стиснені ділянки частинних хвиль; G - сприятлива для подрібнювання відстань від заряду до вільної поверхні.

Дотримання режиму /7/ забезпечує кратність накладання частинних хвиль поблизу вільної поверхні у межах 5-8, що супроводжується відповідним зростанням їх потужності. Має місце також значне зниження напруг поблизу заряду. Завдяки цьому й досягається позитивний ефект перебудови зон подрібнення. Величина ЛНО із довжиною секції у цьому випадку зв'язана співвідношенням $W = (3-4)l$.

Аналіз хвильових полів, що генеруються при секційному способі підривання у режимі випереджального ініціювання секції, показав, що зарядами випромінюються псевдоконічні вибухові хвилі навіть у разі використання вибухових речовин з самими малими швидкостями детонації. Такі поля набувають схожість з полями, що формуються при безперервній детонації зарядів зі швидкістю $D > C$. Таким чином, запропонований спосіб підривання колонкових зарядів дозволяє поєднувати у кожному заряді достоїнства як високошвидкісних, так і низькошвидкісних зарядів ВР. Відмінною рисою зарядів, що секціоновані, є зростання ефекту суперпозиційного підсилення вибухових хвиль разом з їх рухом вглиб відбиваних шарів. Це пов'язано з підвищенням кратності накладання частинних хвиль, яке супроводжує рух.

Секційний спосіб підривання, oprіч значного підсилення руйнівної дії зарядів на віддалені від них, забезпечує різке скорочення зони залого подрібнення гірських порід. Це відбувається за рахунок розпаду потужних ударних хвиль поблизу зарядних порожнин. Ця обставина свідчить про зменшення бризантної дії вибуху та відповідних даремних витрат його енергії.

Окрім того, пробіг по гірських породах послідовностей зон хвильового поля, які відрізняються тим, що кратність накладан-

ня в них частинних хвиль періодично змінюється то в більший, то в менший бік, утворює пульсуюче навантаження руйнуемого середовища. Отже спосіб висаджування, що розглядається, забезпечує знеміцнення від втомленості відбиваємої гірської маси.

Для практичної реалізації способу секційного підривання колонкових зарядів в режимі випереджаючого ініціювання секцій була запропонована та експериментально відпрацьована система підривання, яка діє на каналних хвилях. Система являє собою поздовжня повітряну порожнину, обмежену по бічній поверхні тонкостінною циліндричною оболонкою, та маючу в собі періодично розміщені проміжні ініціатори. Система розташовується усередині вибухової речовини свердлсвинного, чи то шпурового заряду / рис.2 /.

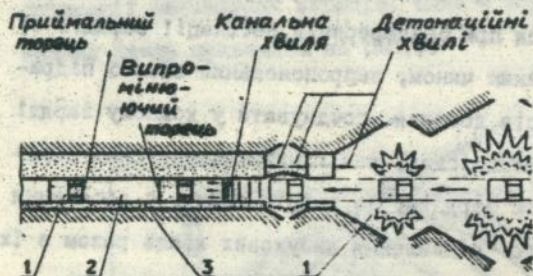


Рис.2. Схема випереджаючого ініціювання секцій колонкового заряду каналними хвилями: 1 - проміжні ініціатори; 2 - поздовжня повітряна порожнина; 3 - ВР колонкового заряду.

Кожний проміжний ініціатор підривається ударною дією на нього каналної хвилі раніше, ніж підійде детонація по колонці ВР. При цьому він стає вогнищем випереджаючого ініціювання чергової секції та випро-

мінювачем каналної хвилі у напрямку наступного ініціатора.

Випереджаче ініціювання забезпечується тим, що швидкість руху каналних хвиль у 1,4 - 1,6 раз перевищує швидкість

детонації оточуючої повітряну порожнину вибухової речовини. Запропонована система підривання не підвищує небезпеки робіт, тому що не містить високочутливих елементів. Проміжні ініціатори являють собою шахи промислової ВР, споряджені концентраторами, що підвищують їх сприйнятливість до каналних хвиль. Система монтується з однотипних елементів складання їх у гірлянду на місці вироблення зарядних робіт. Оснащення зарядних порожнин системами підривання здійснюється в процесі їх пневмозаряджання. Подається вони разом із зарядним шлангом, а потім фіксуються вибуховою речовиною.

Висока ефективність способу та системи підривання була підтверджена численними експериментами. В експериментах по вибуховому руйнуванню скляних моделей зафіксовано скорочення зони подрібнення поблизу заряду при його секціонуванні. Близько країв моделей, що відповідають вільній поверхні у натурних умовах, руйнування матеріалу, навпаки, значно збільшується.

Вирівнювання показників подрібнення в руйнувальному об'ємі виявлено також в експериментах по висаджуванню моделей із мармуру з коефіцієнтом міцності 6-7 та із граніту з коефіцієнтом міцності 12. До того ж з'ясувалося, що позитивні властивості секціонованих зарядів зростає разом з підвищенням міцності матеріалу.

Описані система та спосіб підривання були детально випробувані у промислових умовах на горизонті 527 м шахти ім.Орджонікідзе ВО "Кривбасруд". Для цього в кверцлагі осі + 8 була утворена ніша, на яку вертикальними шарами відбивалися залізисті кварцити з коефіцієнтом міцності 20. Вихід негабариту знизився на 25 %, середньозважений розмір куска - на 30-50 %. Окрім того, при переході фронту робіт з контрольної ділянки

на дослідку сталося зростання височини вибоїв з 2,4 до 2,65 м та глибини з 2,3 до 2,6 м. Тобто площа поверхні вибоїв збільшилась на 24,8 %. При цьому почалося також обвалення масиву з боку другої вільної поверхні. Це свідчить про значне підсилення руйнівної дії вибуху, хоча сумарний заряд свердловин на дослідній ділянці був менше заряду на контрольній. У підсумку питомо витрата вибухових речовин на дослідній ділянці знизилася на 44 %, а вихід гірської маси з одиниці довжини зарядів збільшився на 32 %.

Широкомасштабні промислові випробування цієї розробки були здійснені на горизонті 952 м шахти "Гвардійська" ВО "Кривбасруда", де з використанням запропонованих способу та системи підривання було відбито 30 тис. т руди. Роботи велися в блоці І73-І76 при відпрацюванні лежені покладу "Східний", до складений дрібнокристалічний; тонкошаровою, нецільною мартизовою рудою "синька" з коефіцієнтом міцності 6-8. В їх ході була утворена підсічка та здійснено масове обвалення руди висаджуванням свердловинних зарядів діаметром 105 мм. Хоча відбій секціонованими зарядами з деяких причин здійснювався в несприятливих умовах, під час дослідних вибухів був отриманий економічний ефект в розмірі 1 млн. 440 тис. крб. в цінах червня 1993 року. Економія обумовлена зменшенням питомої витрати вибухових речовин на відбій з 0,424 до 0,4 кг/т та на вторинне подрібнення з 0,076 до 0,068 кг/т, а також підвищенням продуктивності праці робітника по блоку з 28,6 до 31,1 т/зм. Діаметр середнього куска на дослідній ділянці зменшився до 155 мм, проти 173 мм - на контрольній.

Найвищу ефективність секціоновані заряди мають при дії в акустично жорстких породах. Для ефективного роз-

виту процесів втомленості у слабких та тріщинуватих гірських породах, розроблені та випробувані спосіб підривання та конструкція зарядів пульсуючої дії. Коливальний характер навантаження масиву на всьому протязі колонкових зарядів забезпечується при цьому пробігами у продуктах їх детонації ударних хвиль, що генеруються вибухами коротких додаткових зарядів, які відокремлюються від основних інертними проміжками односторонньої дії. Проміжки витримують дію тих частин зарядів, що спрацьовують раніше, але легко руйнуються бризантною дією пізніше спрацьовуваних їх частин, особливо, якщо перегородки, які містяться у проміжках, виготовлені розніжними, складеними із сферичних секторів. Очевидно, що для здійснення пульсуючої дії колонкового заряду його ініціювання повинно починатися з основної частини від торця, що прилягає до додаткових.

Перелічені рекомендації відповідають поставленій меті у тій мірі, що, підсилюючи локальну руйнівну дію вибухів, не утворюють додаткових навантажень на масив. Це впливає із загасання ефектів суперпозиційного підсилення вибухових хвиль та зменшення від втомленості під впливом пульсуючих навантажень, що відбувається на значних відстанях від зарядів та завдяки чому їх дія там стає такою, яка не відрізняється від дії зарядів традиційної конструкції.

Соціальні аспекти впровадження результатів досліджень у виробництво пов'язані, перш за все, з підвищенням безпеки підземних гірничих робіт. Це обумовлено скороченням виходу нагари, завдяки чому зменшується об'єм небезпечних робіт по вторинному подрібненню. Підвищення стійкості контурів очисних просторів, за рахунок поліпшення роботи зарядів в умовах кут-

вого та торцевого затисків та раціонального вибору схем розбурювання, зменшує втрати та збіднювання корисної копалини, тобто дає основу для більш ощадливого використання природних ресурсів. Поліпшення гранулометричного складу гірської маси підвищує продуктивність праці гірників.

Економічний ефект дисертаційної роботи визначається:

- а/ підвищенням якості подрібнення руди ;
- б/ зменшенням об'єму бурових робіт ;
- в/ скороченням питомої витрати вибухових речовин ;
- г/ зниженням енергоємності подрібнювання руди ;
- д/ збільшенням витягання заліза.

Очікуваний економічний ефект від впровадження секційного способу підривання при очисному виїманні на шахті "Гвардійська" ВО "Кривбасруда" складає не менше 64 млн.крб. на рік.

ВИСНОВКИ

На ґрунті результатів виконаних досліджень в дисертації дано нове рішення актуальної для гірничодобувної промисловості науково-технічної задачі по підвищенню ефективності руйнування гірських порід за рахунок використання фізичного явища суперпозиції вибухових хвиль.

Основні наукові висновки та практичні рекомендації зводяться до такого:

І. Найбільш суттєва частина енергії вибуху, що витрачається корисно, поглинається прихованими формами дезінтеграції, тому перспективи його удосконалення мають пов'язуватися з підсиленням ефектів втомленості в гірських породах та зменшувачої дії потужних вибухових хвиль, при обмеженні максимального ступеня дезінтеграції.

2. Елементарні заряди у складі колонкових є простішими випромінювачами дипольного типу з тороїдальною діаграмою напрямленості, що виявляють взаємопродуруючу дію.

3. Побудова хвильових полів колонкових зарядів підсумовуванням дій елементарних дозволяє виявити їх внутрішню структуру та запропонувати нестационарні режими детонації, які приводять до перенесення частини подрібнювочої спроможності вибуху з ближньої зони його дії у середню та дальню.

4. Секційний спосіб підривання колонкових зарядів в режимі випереджачого ініціювання секцій різко підсилює руйнівну спроможність вибуху при більш рівномірній її розподілі у просторі; тим самим він дозволяє у кожному заряді поєднати позитивні властивості і низькобризантних, і високобризантних зарядів ВР.

5. За надійний та безпечний засіб практичної реалізації секційного способу підривання править система випереджачого ініціювання, працююча на каналних хвилях.

6. Ефективним засобом розвитку втомленості гірських порід є заряди, що забезпечують пульсації тиску продуктів детонації у зарядних порожнинах.

7. Рациональна суперпозиція вибухових хвиль полегшує роботу свердловинних зарядів в умовах кутового та торцевого затисків.

8. Використання особливостей форми еквінапружених поверхонь дозволяє здійснити вибір доцільних схем розбурювання масиву, що поліпшують подрібнення видобуваної сировини, якість оконтурювання підземних порожнин та стійкість їх поверхонь.

9. Досвідна перевірка розроблених в дисертації рекоменда-

цій підтвердила збільшення к.к.д. вибуху за рахунок раціонального підсилення подрібнюючої та дезінтеграційної дії зарядів у відбиваних гірських породах, що має місце при використанні нестационарних режимів детонації. Таким чином, освоєння результатів роботи промисловістю має дати великий соціальний та економічний ефект.

Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Метод расчета длительности ударной волны при взрыве колонкового заряда // Разработка рудных месторождений: Респ. межведомств. научн.-техн. сб., вып. 24.-Киев, Техника, 1977.- С.56-61.
2. Длительность ударной волны, приходящей к обнаженной поверхности при взрыве колонкового заряда // Разработка рудных месторождений: Респ. межведомств. научн.-техн. сб., вып. 26.-Киев, Техника, 1978.- С.19-22.
3. Повышение эффективности разрушения железистых кварцитов // Разработка рудных месторождений: Респ. межведомств. научн.-техн. сб., вып. 46.- Киев, Техника.- С.28-35.
4. Повышение дробящего действия колонковых зарядов // Разработка рудных месторождений: Респ. межведомств. научн.-техн. сб., вып. 50.- Киев, Техника.- С.48-55. /співавтор Капленко В.П./.
5. Повышение эффективности скважинной отбойки напряженных рудных массивов // Горное давление и технология подземной разработки руд на больших глубинах: Научн.-техн. сб. ИГиОН АН СССР.- Москва, 1990.- С.103-106 / співавтор Капленко В.П. /.
6. Разрушение крепких горных пород суперпозирующими ударными волнами // Разработка рудных месторождений. Вып. 53.- Кривой Рог, ИГРІ, 1992.- С.47-53 / співавтор Капленко В.П./.

7. Взрывчатая композиция // А.с. № 790594 /співатор Капленко В.П./.

8. Способ разрушения горных пород и заряд для его осуществления // А.с. № 1478776 .

9. Способ разрушения горных пород с высокой акустической жесткостью // А.с. №1623306 / співатори Капленко В.П., Грищенко Т.С./.

10. Колонковый заряд ВВ для разрушения горных пород // А.с. № 1630447/.

11. Повышение эффективности отбойки руды при камерных системах разработки в условиях Криворожского бассейна.- Кривой Рог, 1982.- 12 с. Деп. в УкрНИИТИ 09.08.83, №3765Уи-Д82 /співатори Капленко В.П., Маштаков В.П., Чернокур В.Р./.

12. Повышение разрушающего действия скважинных зарядов при нестационарном режиме их детонации // Теория и практика проектирования, строительства и эксплуатации высокопроизводительных подземных рудников: Тез. докл. на Всесоюзной науч.-техн. конф. - Москва, 1990.- С.31-32 /співатор Капленко В.П./.

Timofeyev S.G. Increase of effectiveness of rock destruction at the expense of controlled superposition of blast waves.

Dissertation for conferment of a degree of a Master of Science (Engineering)(manuscript) on two specialities 05.I5.02 - underground mining of economic mineral deposits and 05.I5.II - physical processes of mine manufacturing. Krivoy Rog Mining Institute, Krivoy Rog, 1994.

12 scientific works (4 - inventor's certificates), which contain theoretical investigations of blast waves radiation by blast and experimental results are defending. New method of breaking by sectional explosive columns has been designed. Industry tests of sectional method of blasting have been carried out. Data of its effectiveness are presented.

Тимофеев С.Г. Повышение эффективности разрушения горных пород за счет управляемой суперпозиции взрывных волн.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / рукопись/ по специальностям 05.15.02 - подземная разработка месторождений полезных ископаемых и 05.15.11 - физические процессы горного производства. Криворожский горнорудный институт, Кривой Рог, 1994.

Защищается 12 научных работ /4 - авторские свидетельства/, которые содержат теоретические исследования излучения взрывных волн зарядами и экспериментальные результаты. Разработан новый способ отбойки секционированными колонковыми зарядами. Выполнены промышленные испытания секционного способа взрывания. Приведены данные о его эффективности.

Ключові слова:

взбухові хвилі, секційний спосіб висаджування.

РПН КГРІ Замовлення № 88
Підписано до друку
Об'єм I др.арк.
м.Кривий Ріг, вул.ХХІІ Партз'їзду,11

Тираж 100 прим.
" 20 " жовтня 1994 р.

455 101

