

ABSTRACT

Purpose. The main purpose of the research is to improve the quality of concrete using iron-containing wastes of the mining and processing complex. For this purpose, the properties of the obtained concrete have been studied in the period of sign-variable ambient temperatures.

The methods. The measurements of the normal density of the cement paste and its rheological properties were carried out according to a standard procedure. The plastic strength of the cement paste and the mortar mixture was determined with the help of StrotsNIIIil and was measured by the depth of immersion in the solution mixture of the steel cone. From the semi-final cement paste and mortar mix, 40 x 40 x 160 mm beam samples were prepared, which were examined for bending and compression. During the formation, the images were condensed on a laboratory vibroplatform.

Findings. The use of iron-containing wastes of mining and processing enterprises for the production of concretes makes it possible to obtain concrete that can be used for repair work during the period of alternating temperatures. Moreover, the adhesion of concrete to the structure being repaired considerably exceeds the adhesion of concrete containing other additives.

The originality is the determination of the optimal composition of concrete on the basis intended for carrying out repair work directly on the territory of the mining and processing complex.

Practical implications. The use of concretes with modified iron cement will allow performing repair work during the alternating temperatures. And it will also have a significant reduction in the cost of concrete due to a reduction in the amount of cement used and the cost of repair work for a set of lowering the cost of transportation services

Keywords: *Adhesion, concrete, iron-containing additive, oleate waste of mining and processing complex*

УДК 622.235:622.271

© А.А. Скачков

МЕТОДОЛОГІЧНЕ ПІДґРУНТЯ РОЗРОБКИ СИМЕТРИЧНОГО ПІДРИВАННЯ В УМОВАХ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ЕНЕРГОНАСИЧЕННЯ МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

© A. Skachkov

METHODOLOGICAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF SYMMETRIC BLASTING IN CONDITIONS OF DIFFERENTIAL ENERGY ACCUMULATION OF THE ROCK MASSIVE BY EXPLOSION

Мета досліджень – обґрунтування загального підходу щодо розробки технології руйнування масиву скельних гірських порід в умовах симетричної дії свердловинних зарядів; фор-

мулювання ідеї та шляхів її реалізації, а також робочих гіпотез і завдань теоретичних й експериментальних вишукувань.

Методика досліджень включає методи аналітичних розрахунків, геомеханічний аналіз стійкості вертикальних укосів породних уступів різної висоти та літологічного складу; обґрунтування імітаційної моделі розповсюдження пружних хвиль в кристалічному середовищі та їх суперпозиції; статистичний аналіз даних маркшейдерських спостережень та математичні методи обробки результатів експериментальних і промислових випробувань. Застосовуються економіко-математичні методи вирішення задач та їх порівняльні оцінки. Описуються основні методи розрахунків, гіпотези, що розглядаються, принципи дії та характеристики використаних програм і апаратних засобів, лабораторних або інструментальних методів і методик, оцінки похибок вимірювань тощо.

Досліджено можливість та умови реалізації в залізорудному кар'єрі симетричного підривання масивів скельних порід комбінованими свердловинними зарядами сучасних вибухових речовин. Обґрунтовується вибір напряму досліджень. З застосуванням імітаційного моделювання отримано залежності значень інтервалів уповільнення підривання груп свердловинних зарядів від фізико-механічних характеристик гірських порід, а також гранично допустимих мас одночасно підриваємої вибухівки за умовами сейсмічної безпеки з урахуванням крупності подрібнення. Описуються основні тенденції, закономірності, гіпотези, що розглядаються, принципи дії та характеристики розроблених засобів.

Наукова новизна полягає в формулюванні авторської ідеї щодо симетричного підривання породного масиву, диференційовано насиченого вибухом, та аналітичному обґрунтуванні параметрів об'єктів і процесів для ефективного упровадження розробок у виробничу практику кар'єрів гірничо-збагачувальних комбінатів.

Практичне значення досліджень полягає в розробці нового ефективного способу підривання скельних порід в умовах кар'єрів гірничо-збагачувальних комбінатів та обґрунтуванні параметрів технології реалізації способу, що знижує питомі витрати вибухових матеріалів та підвищує прибуток ГЗК.

Ключові слова: породний масив, вибухове руйнування, кар'єр, вибухові хвилі, вибухові роботи, симетрична дія свердловинних зарядів

Постановка проблеми. Незважаючи на розробку останнім часом нових вибухових речовин (ВР), конструкцій свердловинних зарядів й удосконалених засобів їх підривання, ефективність буро-вибухових робіт (БВР) в залізорудних кар'єрах залишається досить низькою. Гірські породи все ще найбільш нерівномірно руйнуються в зоні, прилеглої до укосу уступа [1]. Взаємодія зарядів ВР, розташованих в першому і другому рядах свердловин, між собою та з відбиваючими пружні хвилі породними оголеннями, орієнтованими відносно них під різними кутами та на різній відстані, є головним чинником неконтрольованого виходу негабаритів та перездрібнених мас породи при БВР, що негативно позначається на техніко-економічних показниках гірничовидобувних підприємств. Тому **актуальність** вирішення проблеми підвищення ефективності БВР як основи зростання рентабельності гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) не викликає сумніву і є **завданням** першочерговим [2].

Аналіз останніх досліджень вітчизняних й іноземних науковців щодо теорії вибухового руйнування масивів скельних порід, а також практики БВР, свідчить про далеко неоднозначне трактування динамічних явищ, зумовлених

нерівномірним впливом вибуху на частини масиву по мірі віддалення їх від породних оголень [3-4], що залишається **найменш дослідженим теоретично і не вирішеним практично**. При цьому більшість авторів погоджуються з тим, що оптимізувати динаміку вибухового навантаження масиву є можливим цілеспрямованим керуванням силовими полями взаємодіючих зарядів ВР приконтурних рядів [4-5]. У зв'язку з цим **в дослідження закладалася ідея** можливості створення умов для симетричної дії вибуху в лінійно розчленованому паралельними укусу вертикальними щілинами масиві за рахунок цільового використання динамічних ефектів, що проявляються при взаємодії вибуху свердловинних зарядів, а саме: заряди першого ряду свердловин ініціюються тільки після проходження скрізь них прямої та відбитої від поверхонь уступу хвилі вибуху зарядів другого ряду, зумовлюючи завдяки сприятливій суперпозиції відбитих хвиль ефективно знеміцнення масиву.

Викладення матеріалу досліджень. Удосконалення технології вбачається кардинально новим і стає реальним за умов створення режиму просторово симетричної роботи зарядів ВР в межах масиву між двома відбиваючими хвилі поверхнями. Це дозволить більш повно використовувати енергію вибуху на дроблення породи і зменшити витрати ВР, а відтак – підвищити ефективність БВР у цілому, що є вельми актуальною науково-практичною задачею.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- аналіз теоретичних засад управління дією вибуху при взаємодії різних конструктивно і функціонально свердловинних зарядів ВР;
- аналіз сучасних методів вибухового руйнування гірських порід свердловинними зарядами ВР різної конструкції та за різних режимів;
- дослідження параметрів вибухового руйнування масиву свердловинними зарядами ВР та їхнього впливу на характер розподілу енергії вибуху в штучно обмеженому просторі;
- розробка нових конструкцій свердловинних зарядів ВР: а) для попереднього знеміцнення масиву й утворення другої відбиваючої поверхні; б) для дроблення й розрихлення породи між відбиваючими поверхнями;
- обґрунтування параметрів технології підривання порід розробленими методами і засобами;
- проведення промислових випробувань розробленої технології.

Ідея полягає у більш повному використанні енергії вибуху за рахунок випереджаючого підривання ослаблених зарядів у другому від укусу уступу ряді свердловин, недостатніх для переміщення масиву, але достатніх для утворення наскрізної в площині ряду свердловин «відрізної» щілини, яка стає додатковою відбиваючою поверхнею та межею другого симетричного напівпростору для першого ряду свердловин. За цих умов пружна хвиля (пряма і відбита) проходить вдвічі більшу відстань, чим у разі підривання заряду в першому ряді, а її енергія витрачається на 60÷75% на попереднє знеміцнення вміщуючого перший ряд свердловин масиву, полегшуючи зарядам цього ряду руйнування знеміцне-

ної попереднім вибухом породи, що забезпечує підвищення рівномірності її дроблення, а в окремих випадках – додаткове зниження питомої витрати ВР. Ідея також передбачає підвищення однорідності гранскладу подрібненої гірничої маси за рахунок максимально рівномірного енергонасичення масиву шляхом взаємної відповідності просторового розташування свердловин в ряді та системної тріщинуватості, зумовлюючої анізотропію масиву, та активну суперпозицію пружних хвиль.

Згідно ідеї приймаються наступні робочі гіпотези:

Гіпотеза 1. З віддаленням від укусу углиб породного масиву ККД заряду ВР зростає щодо дроблення породи відповідно зниженню витрат енергії на її переміщення.

Дійсно, за поширеними технологіями ряди свердловин підриваються послідовно, від укусу з певним уповільненням, як показано на рис. 1.

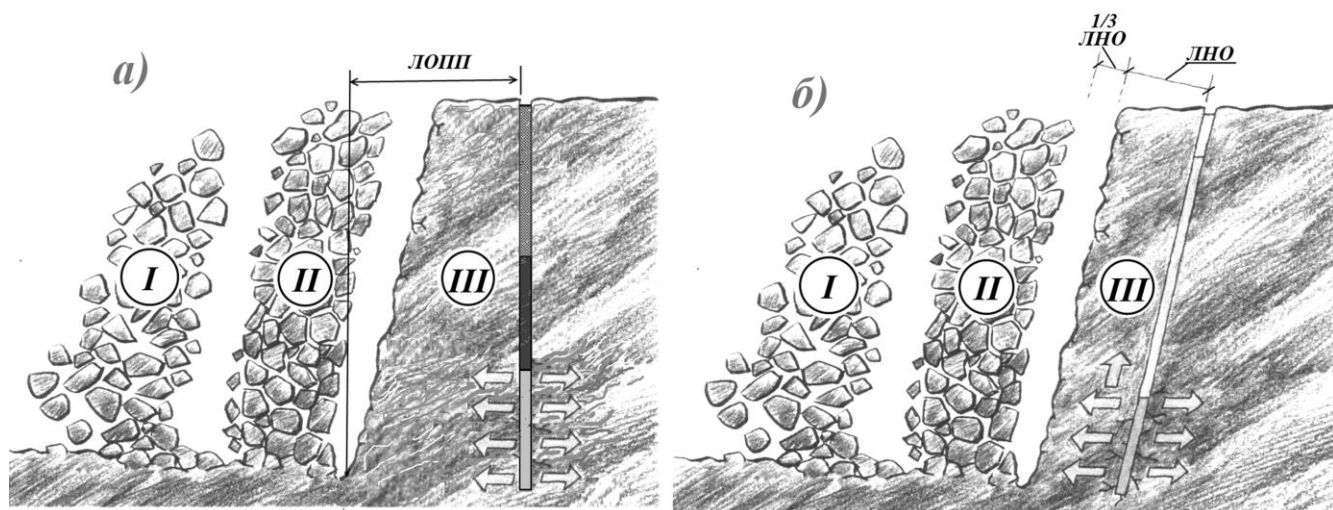


Рис. 1. Послідовність підривання зарядів ВР: вертикальних – а, похилих – б

З віддаленням заряду від укусу зростає опір підриваємої маси на зсув і з деякої відстані це стає зовсім неможливим: уся енергія ВР йде на тріщиноутворення в породі – її знеміцнення. Висновок: розробка методу визначення відповідного зазначеному стану породного масиву енергетичного еквіваленту дає інструмент управління процесом вибухового руйнування масиву.

Гіпотеза 2. Цілеспрямоване збільшення маси заряду для здолання ЛОПП з метою кращого подрібнення породи й зниження виходу негабариту не тільки знижує ККД здрибнюючої дії вибуху, але й підвищує ризик утворення наскрізної магістральної тріщини між вибуховою порожниною та укусом уступу і непродуктивного витоку через неї продуктів детонації високого тиску, виключаючи тим фугасну дію вибуху (рис. 2).

Висновок: щоб уникнути проростання магістральних тріщин до поверхні укусу необхідно підривати заряд ВР на віддаленні вглиб масиву.

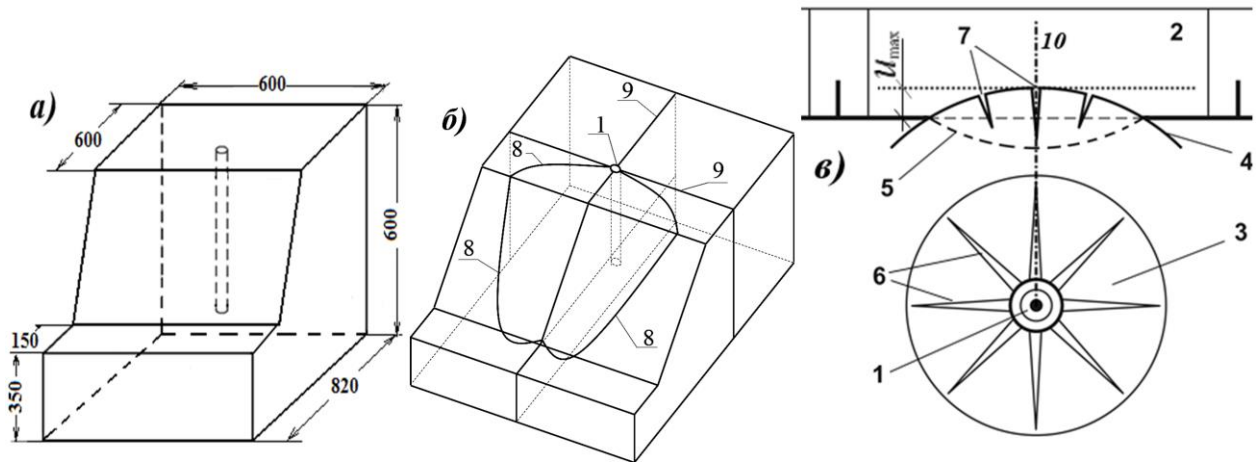


Рис. 2. Схема та параметри об'ємної моделі уступу – а; руйнування піщано-цементної моделі – б; схема утворення магістральної тріщини – в

1 – свердловина із зарядом ВР; 2 – укіс уступу; 3 – зона розповсюдження радіальних тріщин навколо заряду; 4 – пряма хвиля; 5 – відбита від укусу хвилі; 6 – радіальні тріщини навколо заряду; 7 – вигинання вільної поверхні та розтріскування укусу під впливом прямої хвилі напружень; 8 – лінії, що обмежують воронку дроблення; 9 – магістральні тріщини; 10 – лінія першочергового розколу й утворення магістральної тріщини

Гіпотеза 3. За існуючої практики формування похилих укусів уступів відбита від них пружна хвиля спрямовується не в масив, що підривається, а в той, що залягає нижче (рис. 3). **Висновок:** для більш продуктивного використання енергії відбитих хвиль розтягнення необхідно формувати укуси вертикальними.

Тому першочергово розроблялися спеціальні конструкції свердловинних зарядів, які б дозволили реалізувати сформульовану ідею.

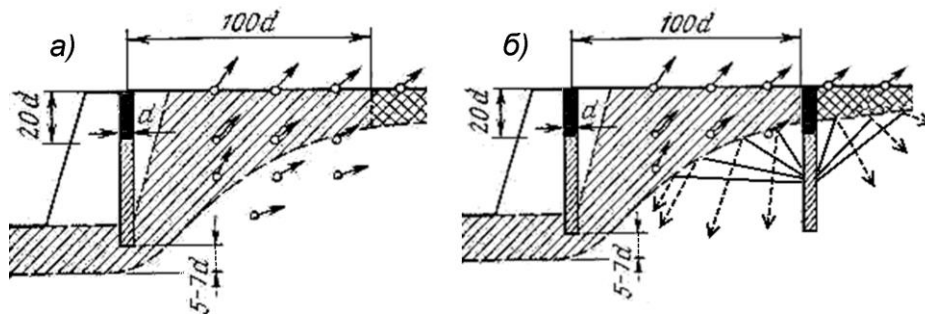


Рис. 3. Схеми породного масиву: а – контурного (стрілками показано напрям переміщень); б – відбивання хвиль від межі руйнування породи (умовно зображено, як від точкового джерела)

Враховуючи методи контурного обурювання (МКО) і метод попереднього щілиноутворення (МПЩ) [5], можна уникнути подібного порушення масиву

шляхом застосування розроблених конструкцій зарядів і способів їх підривання. При цьому укіс формується вертикальним із заданим помірним порушенням приконтурної зони, що забезпечує максимально сприятливе відбивання хвиль. Але це пов'язане зі стійкістю таких укосів, що зумовило необхідність досліджень геомеханічного характеру.

Гіпотеза 4. Найбільш повно енергія вибуху буде йти на руйнування породи при симетричній його роботі. Висновок: єдиним способом забезпечення означеної умови є створення другої відбиваючої поверхні – дзеркальної укосу уступу відносно ряду свердловин між ними, що потребує розробки способів і засобів реалізації даного рішення.

З усіх наведених й узагальнених гіпотез слідує доцільність і реальність прийнятої ідеї. Концептуально дослідження, спрямовані на реалізацію ідеї та поставлених завдань, вбачаються багатовекторними і вимагають проробки й системного узгодження комплексу теоретичних і експериментальних вишукувань.

Враховуємо рекомендації М.Ф. Друкованого: «зв'язати масив перед вибухаючим зарядом від розпадання», але робимо це не підпірною стінкою з підірваної гірничої маси, згідно рекомендації, а за рахунок першочергового підривання зарядів у другому від укосу ряді. Підриванням цього ж ряду передбачаємо створення відбиваючої щілини, симетричної укосу уступу. Перший ряд підриваємо через уповільнення, тривалість якого забезпечує поступальне і зворотне проходження прямої і відбитої хвиль першого вибуху через масив, обмежений другим рядом і укосом (рис. 4).

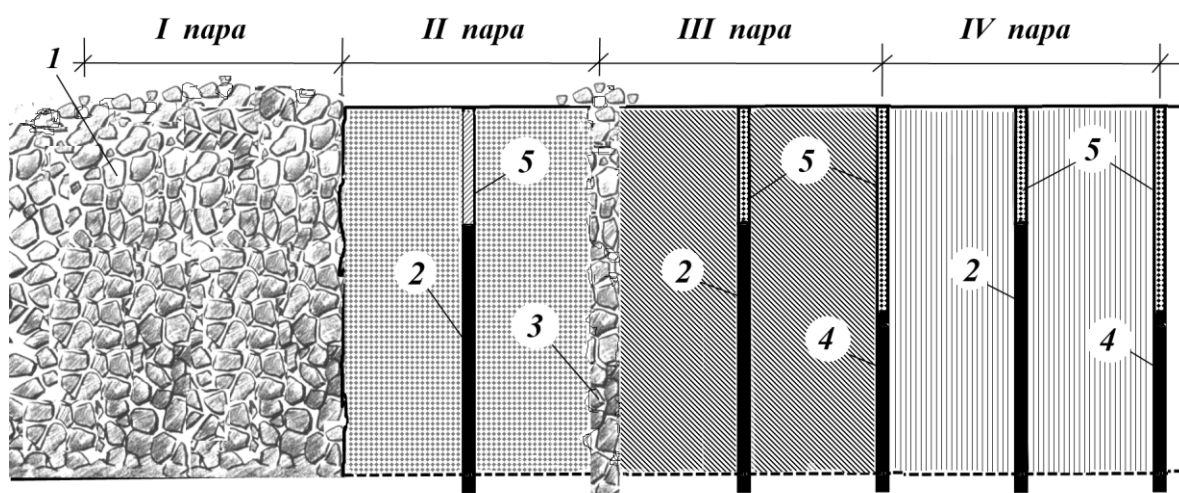


Рис. 4. Схема способу диференційованого енергонасичення породного масиву зі зворотнім підриванням симетрично працюючих свердловинних зарядів ВР в уступах з вертикальними укосами: 1 – підірвана гірнича маса; 2 – заряд рихлення повної маси; 3 – відбиваюча щілина; 4 – комбінований заряд неповної маси для утворення відбиваючої щілини і попереднього знеміцнення породи

Щоб унеможливити пришвидшене тріщиноутворення у напрямі покрівлі уступу, зменшуємо масу заряду у другому ряді на 30÷50%, збільшивши довжину забивочного матеріалу. А для утворення відбиваючої щілини в площині свердловин цього ж ряду розроблено спеціальні комбіновані лінійні заряди спрямованої дії.

З викладеного можна зробити наступні **висновки**:

1. Аналізом існуючих досліджень виявлено, що більшість наукових досліджень щодо БВР зосереджується в напрямках удосконалення засобів підривання гірських порід.

2. На основі теоретичних досліджень, вперше запропоновано новий порядок ініціювання зарядів у вибуховому блоці, з початком його у середині вибухового блоку, з подальшим розвитком процесу руйнування до вільної поверхні укосу уступу.

3. Сформульовано нову ідею, яка полягає у більш повному використанні енергії вибуху за рахунок випереджаючого підривання ослаблених зарядів у другому від укосу уступу ряді свердловин, недостатніх для переміщення масиву, але достатніх для утворення наскрізної в площині ряду свердловин «відрізної» щілини, яка стає додатковою відбиваючою поверхнею та межею другого симетричного напівпростору для першого ряду свердловин, а також відповідні ідеї робочі гіпотези.

4. В ході дослідження було виконано експериментальні дослідження швидкості вибухових хвиль в гірських породах кар'єру «Північний» ГЗК «Укрмеханобр», а також широкі лабораторні дослідження різноманітних властивостей гірських порід в межах їх міцності $f=6-14$.

5. Моделюванням процесу розповсюдження вибухових хвиль в уступах гірських порід різної міцності та їх взаємодії, встановлено значення ефективних інтервалів сповільнень для запропонованого способу підривання гірських порід.

6. В кристалічних породах з вираженою системною тріщинуватістю при проектуванні БВР необхідно враховувати акустичну анізотропію середовища, що забезпечує додаткові можливості регулювання гранулометричного складу підірваної гірничої маси.

Наведені положення визначають основний зміст та алгоритмізацію комплексу необхідних для вирішення завдання досліджень.

Перелік посилань

1. Суханов, А.Ф. и Кутузов, Б.Н. (1983). Разрушение горных пород взрывом. М.: Недра.
2. Кутузов, Б.Н. (2009). *Методы ведения взрывных работ*. М.: Горная книга.
3. Перегудов, В.В. и Жуков, С.А. (2002). Пути повышения качества взрывных работ при разрушении горных пород сложной структуры. Кривой Рог: Издательский дом.
4. <http://industry-portal24.ru/razrushenie/2738-udarno-volnovaya-teoriya-vzryvnogo-razrusheniya.html>
5. Бротанек, И. и Вода, Й. (1993). Контурное взрывание в горном деле и строительстве. М.: Недра.

АННОТАЦИЯ

Цель исследований – обоснование общего подхода к разработке технологии разрушения массива скальных горных пород в условиях симметричного действия скважинных зарядов; формулирование идеи и путей ее реализации, а также рабочих гипотез и задач теоретических и экспериментальных изысканий.

Методика исследований включает методы аналитических расчетов, геомеханический анализ устойчивости вертикальных откосов породных уступов разной высоты и литологии; обоснование имитационной модели распространения упругих волн в кристаллической среде и их суперпозиции; статистический анализ данных маркшейдерских наблюдений и математические методы обработки результатов экспериментальных и промышленных испытаний. Применяются экономико-математические методы решения задач и их сравнительные оценки. Описываются основные методы расчетов, гипотезы, которые рассматриваются, принципы действия и характеристики используемых программ и аппаратных средств, лабораторных или инструментальных методов и методик, оценки погрешностей измерений и др.

Исследована возможность и условия реализации в железорудном карьере симметричного взрывания массивов скальных пород комбинированными скважинными зарядами современных взрывчатых веществ. Обосновывается выбор направления исследований. С применением имитационного моделирования получены зависимости значений интервалов замедления взрывания групп скважинных зарядов от физико-механических характеристик горных пород, а также предельно допустимых масс одновременно взрывающейся взрывчатки по условиям сейсмической безопасности с учетом крупности измельчения. Описываются основные тенденции, закономерности, гипотезы, рассматриваются принципы действия и характеристики разработанных средств.

Научная новизна заключается в формулировке авторской идеи по симметричному подрыванию породного массива, дифференцированно насыщенного взрывом, и аналитическом обосновании параметров объектов и процессов для эффективного внедрения разработок в производственную практику карьеров горно-обогатительных комбинатов.

Практическое значение исследований заключается в разработке нового эффективного способа взрывания скальных пород в условиях карьеров горно-обогатительных комбинатов и обосновании параметров технологии реализации способа, что снижает удельные затраты взрывчатых материалов и повышает прибыль ГОКа.

Ключевые слова: *породный массив, взрывное разрушение, карьер, взрывные волны, взрывные работы, симметричное действие скважинных зарядов*

ABSTRACT

Purpose. The main purpose of the research is to justify a general approach to the development of technology for the destruction of rock massifs under conditions of symmetric action of borehole charges; formulation of the idea and ways of its implementation, as well as working hypotheses and problems of theoretical and experimental research.

The methods. The research methodology includes methods of analytical calculations, geomechanical analysis of the stability of vertical slopes of rock ridges of different heights and lithology; substantiation of the simulation model of motion the elastic waves in a crystalline rock and their superposition; statistical analysis of mine survey data and mathematical methods for processing the re-

sults of experimental and industrial tests. Economic and mathematical methods for solving problems and their comparative estimates are used. Describes the basic methods of calculations, hypotheses that are considered, the principles of operation and characteristics of the programs and hardware used, laboratory or instrumental methods and techniques, estimation of measurement errors.

Findings. The possibility and conditions for the realization in the iron ore open pit of symmetric blasting of rock massifs by combined borehole charges of modern explosives are investigated. The choice of the direction of research is substantiated. With the use of simulation modeling, the values of the intervals for the slowing down of the explosion of groups borehole charges from physical and mechanical characteristics of rocks, as well as the permissible masses of simultaneously exploded explosives according to the conditions of seismic safety, taking into account the size of grinding, are obtained. The main trends, regularities, hypotheses are described, the principles of action and characteristics of the developed means are considered.

The originality. Scientific novelty lies in the formulation of the author's idea of symmetric demolition of the rock mass, differentially saturated with the explosion, and the analytical justification of the parameters of objects and processes for effective implementation of developments in the production practice of the iron ore open pit mining and processing enterprises

Practical implications. The practical significance of the research is to develop a new effective method for blasting rock in the iron ore open pit of ore dressing combine and to justify the parameters of the technology for implementing the method, which reduces the specific costs of explosive materials and increases the profits of the GOK.

Keywords: *rock massifs, explosive destruction, open pit, explosive waves, blasting, symmetric action of borehole charges*

УДК 622.271

© Б.Ю.Собко, А.М. Гайдін

РОДОВИЩА ТИТАНУ І ПРОБЛЕМИ ЇХ ОСВОЄННЯ

© B. Sobko, A. Gaidin

DEPOSITS OF TITANIUM AND PROBLEMS OF THEIR DEVELOPMENT

Мета. Розроблення та обґрунтування технологічних рішень щодо експлуатації родовищ титану в складних гірничо-геологічних умовах залягання, а саме розсіпних обводнених родовищ ільменіту та кори вивітрювання корінних родовищ титану Коростинського плутону в умовах комплексного використання та розробки супутніх корисних копалин.

Методика дослідження полягає в огляді та аналізі багаторічного досвіду експлуатації розсіпних родовищ ільменіту на території України, аналізі сучасного стану та перспектив розробки найбільших родовищ України та світу, а також теоретичному обґрунтуванні нових