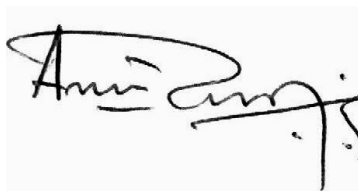


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

КАЗОЛА АУГУШТО ДОМІНГУШ



УДК 622.221:553.81:622.235.2.026

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБКИ ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ КАР'ЄРІВ
ПРИ ОСВОЄННІ АЛМАЗОНОСНИХ ШТОКОПОДІБНИХ РОДОВИЩ
РЕСПУБЛІКИ АНГОЛА
(на прикладі кімберлітової трубки «Катока»)**

Спеціальність:
05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі відкритих гірничих робіт Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Гуменик Ілля Львович,
 завідувач кафедри відкритих гірничих робіт Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України
Перебудов Володимир Володимирович,
 директор Держпідприємства «Державний інститут проектування підприємств гірничорудної промисловості «Кривбаспроект» (м. Кривий Ріг);

– кандидат технічних наук
Луценко Сергій Олександрович,
 доцент кафедри відкритих гірничих робіт Державного вищого навчального закладу «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки України (м. Кривий Ріг).

Захист відбудеться «28» листопада 2014 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий «28» жовтня 2014 р.

Вчений секретар
 спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02



Актуальність теми. Ангола є регіоном зосередження найбільшої кількості корінних родовищ алмазів в Африці. Корінні родовища алмазів Анголи відносяться до штокоподібних діаметром 600-900 м. Вони відрізняються відносно невеликими розмірами і округлою формою кар'єрного поля, великими розмірами рудного покладу глибиною (500 м і більше), складною структурою залягання покриваючих і вміщаючих порід із зональною зміною міцнісних характеристик масивів гірських порід як в горизонтальній, так і у вертикальній площині. Ці відмінності викликають необхідність розвитку методологічних підходів до визначення кінцевих контурів кар'єру і його основних технологічних параметрів, оскільки відомі методи їх визначення не передбачають округлу форму кар'єрного поля.

В даний час найбільшим алмазовидобувним підприємством Анголи є гірничорудне товариство «Катока» (ГРТ Катока). Аналіз сучасного стану сировинної бази алмазних родовищ Анголи показує, що родовище «Катока» є типовим практично для всіх корінних родовищ Анголи. Успішне освоєння трубки «Катока» і інших кімберлітових родовищ визначає економічний добробут республіки Ангола в цілому. Загальна економічна ефективність відкритого способу розробки родовища досягається, перш за все, встановленням і обґрунтуванням раціональних кінцевих контурів і технології розробки штокоподібного покладу, що забезпечують мінімальні об'єми розкривних робіт при видобутку високоцінної корисної копалини.

В зв'язку з цим необхідність обґрунтування і розробки технологічних рішень з підвищення ефективності освоєння алмазоносних родовищ на прикладі трубки «Катока» обумовлює актуальність роботи, яка полягає в комплексному і послідовному врахуванні геомеханічних, технологічних і економічних факторів. Тому в дисертаційній роботі вирішується **науково-практична задача** встановлення закономірностей зміни з глибиною розробки геомеханічних параметрів масивів гірських порід бортів кар'єру та коефіцієнтів розкриву. Визначені закономірності послужили основою розробки методик обґрунтування ефективних технологічних параметрів освоєння глибоких горизонтів при відкритій розробці алмазоносних штокоподібних родовищ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Базовими для підготовки дисертаційних досліджень є науково-дослідні роботи, виконані відповідно до напрямків наукової діяльності Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» з оптимізації параметрів глибоких горизонтів кар'єрів та пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки республіки Ангола з освоєння алмазоносних родовищ, в яких автор брав участь як виконавець.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування технологічних параметрів розробки глибоких горизонтів кар'єру при відкритій розробці алмазоносних штокоподібних родовищ республіки Ангола (на прикладі родовища «Катока»). Для досягнення поставленої мети в дисертації вирішені наступні задачі:

1) оцінити загальний стан сировинної бази родовищ алмазів республіки Ангола, особливості і перспективи освоєння штокоподібного родовища трубки «Катока»; виконати аналіз відомих технічних, технологічних і проектних рішень, а також наукових досліджень по відкритій розробці штокоподібних покладів;

2) розвинути методологію обґрунтування кінцевої глибини відкритих гірничих робіт для штокоподібних алмазоносних родовищ;

3) обґрунтувати основні геомеханічні параметри стійкості неробочих бортів кар'єру: вихідний і розрахунковий коефіцієнти запасу їх стійкості з урахуванням терміну стояння дільниць борту, та визначити раціональну його конструкцію;

4) обґрунтувати раціональні параметри вибухопідготовки різноміцних кімберлітів і вміщуючих порід, забезпечуючи якість подрібнення, несучу спроможність підірваної гірської маси та необхідну стійкість уступів при постановці їх в неробоче положення;

5) розробити практичні рекомендації з визначення ефективних технологічних параметрів кар'єру та напрямку його поглиблення.

Об'єкт досліджень – відкрита розробка алмазоносних родовищ.

Предмет досліджень – процес зміни технологічних параметрів при збільшенні глибини кар'єру.

При вирішенні поставлених завдань використаний наступний комплекс **методів наукових досліджень**: метод наукового аналізу і узагальнення теоретичних і практичних досягнень – при аналізі наукових і проектних рішень в області освоєння алмазоносних родовищ; аналітичний і графо-аналітичний – для встановлення кінцевої глибини кар'єру та обґрунтування параметрів управління енергією вибуху різноміцних алмазоносних порід і стійкості укосів бортів кар'єру; техніко-економічного аналізу – при обґрунтуванні конструкції неробочого борту і виборі раціонального напрямку поглиблення кар'єру; математичної статистики – для обробки результатів досліджень та виявлення залежностей.

Наукова новизна результатів досліджень полягає у наступному:

1) дістав подальшого розвитку метод визначення граничного коефіцієнта розкриву, який враховує витрати на розвідку і підготовку родовища до експлуатації, збитки від вилучення земель, а також втрати корисної копалини, що дозволяє більш обґрунтовано визначити кінцеву глибину кар'єру;

2) вперше встановлені залежності зміни основних керуючих стійкістю бортів (уступів) кар'єру міцнісних параметрів масиву гірських порід (зчеплення, кута внутрішнього тертя і коефіцієнта структурного послаблення) від поточної глибини кар'єру; на основі цих залежностей методично обґрунтовані параметри його неробочих бортів і уступів;

3) розроблений метод визначення середнього коефіцієнта розкриву стосовно штокоподібних родовищ, який на відміну від відомих, враховує співвідношення довжини і ширини кар'єру по дну, а також геометричну форму

кімберлітових покладів, що дозволяє більш точно визначити кінцеву глибину кар'єру;

4) обґрунтована методологія визначення кінцевої глибини кар'єрів, що розробляють штокоподібні алмазонасні родовища, яка відзначається тим, що враховує не тільки форму покладу, а також зміну зі збільшенням глибини кар'єру міцнісних параметрів масиву гірських порід і, відповідно, кута укосу його неробочих бортів;

5) вперше встановлена залежність середньої величини куска підірваної гірської маси від середнього діаметру природної окремоті масиву, його міцнісних характеристик і об'ємної щільності енергії вибуху з врахуванням числа мікротріщин і неоднорідності середовища, використання якої дозволяє управляти процесом вибуху і регулювати міру кусковатості і несучої спроможності підірваної гірської маси при максимальному використанні енергії ВВ.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1) зменшення об'ємів розкриву, що виймаються з кар'єрного поля, досягається зміною конструкції неробочого борту кар'єру шляхом розподілу загальної його висоти на декілька ступенів (граней), для кожної з яких встановлюється термін стояння борту, вихідний коефіцієнт запасу стійкості і, відповідно, форма профілю борту, а також стійкий результуючий кут його укосу;

2) величина площі новоутвореної вільної поверхні різноміцного масиву після вибуху залежить не лише від енергії вибуху, але і від її щільності, врахування якої дозволить істотно зменшити втрати і розубожування корисної копалини.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується застосуванням сучасних математичних методів, використанням фундаментальних положень теорії і практики відкритих гірничих робіт, теоретичним обґрунтуванням основних виробничих процесів і підтверджена впровадженням у виробництво на гірничорудному підприємстві «Катока» конструкції стійкого неробочого борту тригранного профілю з врахуванням технологічних особливостей родовища «Катока».

Практичне значення отриманих результатів полягає в:

- встановленні кінцевої глибини кар'єру «Катока» кар'єру, яка дорівнює 450 м, раціональних висот (5-30 м) і кутів укосів неробочих уступів (90^0 - 25^0) при постановці їх в граничне положення;

- розробці технологічних рішень щодо конструктивного оформлення неробочого борту кар'єру «Катока», з врахуванням параметрів його стійкості та технологічних особливостей розробки, використання яких дозволить зменшити об'єми розкривних порід при їх виїмці в кінцевих контурах кар'єру на $9,1 \cdot 10^6$ м³ на 1000 м довжини борту;

- встановленні раціональних параметрів буропідривних робіт (діаметр свердловин, величини зарядів і повітряних проміжків та інш.) кімберлітів і гнейсів, а також несучої здатності зруйнованих різноміцних порід, використання яких дозволить скоротити втрати і розубожування корисної копалини;

- встановленні раціонального напрямку поглиблення кар'єру «Катока»: - спочатку (до глибини 150 м) – з заходу на схід; в подальшому (до 450 м) – на західному крилі кар'єрного поля, що забезпечує зниження поточного коефіцієнта розкриття і стабільну якість корисної копалини.

Впровадження результатів роботи. Результати (рекомендації) дисертаційної роботи впроваджені для конструктивного оформлення неробочих бортів кар'єру «Катока» тригранної (опуклої) форми при корегуванні проекту розробки глибоких горизонтів з урахуванням переходу на циклічно-потоккову технологію (акт ГРО «Катока» про впровадження результатів дисертаційної роботи від. 10.10.2013 р).

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і постановці задач досліджень; обґрунтуванні наукових положень дисертаційної роботи; обґрунтуванні раціональної конструкції неробочого борту кар'єру, апробації і впровадженні технологічних рішень в умовах кар'єру «Катока».

Апробація результатів досліджень. Основні положення і результати дисертаційної роботи докладалися і дістали схвалення на: Міжнародному конгресі з геології «Планета Земля в наших руках» м. Куритиба (Бразилія), 26-31 жовтня 2008; Міжнародному ярмарку «Розвиток гірничовидобувного сектору Республіки Ангола», Луанда, 11-14 жовтня 2012; Міжнародній науково-практичній конференції «Форумі гірників – 2013» (м. Дніпропетровськ); Міжнародній науково-практичній конференції «Підвищення якості освіти і наукових досліджень» в рамках XII Сатпаєвських читань» – Екібастуз: ЕИТИ, 2013; Міжнародній науковій конференції «Високі технології – застава стійкого розвитку». – Алмати: КазНТУ, 2013; Міжнародній науковій конференції «Інноваційні технології і проекти в гірничо-металургійному комплексі, їх науковий та кадровий супровід». – Алмати: КазНТУ, 18-19 березня 2014; Міжнародній науково-практичній конференції «Форумі гірників – 2014» (м. Дніпропетровськ).

Публікації. Основні положення виконаних досліджень опубліковані в 14 наукових роботах: 5 робіт у фахових виданнях, 8 – статей у збірниках міжнародних конференцій, у тому числі 1 за кордоном.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 108 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 169 сторінок тексту, у тому числі 39 рисунків, 14 таблиць та 3 додатки на 19 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі, предмет і об'єкт досліджень, приведені наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, приведені наукові положення, що виносяться на захист, а також інформація про апробацію і публікації за темою.

У першому розділі, відповідно до першої задачі досліджень виконана оцінка сучасного стану і перспектив розвитку сировинної бази алмазоносних

родовищ республіки Ангола, а також проведений аналіз технічних і технологічних рішень і наукових досліджень з відкритої розробки штокоподібних покладів.

Попередні дослідження показали, що найбільш перспективними є кімберлітові трубки Камафука, Катока, і Камачія, які в даний час знаходяться на стадії освоєння і зумовлюють економічний розвиток республіки Ангола.

Одним з найбільших корінних родовищ алмазів в світі є кімберлітова трубка «Катока». Трубка є ізометричною і має розмірність 900 x 900 м. Кут падіння покладу складає 75°-85°. Горно-геологічний аналіз показав, що родовище є типовим для більшості корінних родовищ Анголи.

Аналіз технічної літератури, проектних робіт і наукових досліджень дозволив встановити, що існуючі технічні рішення і методологічні підходи до обґрунтування основних технологічних параметрів кар'єру лише частково можуть бути прийнятні для умов відкритої розробки на глибоких горизонтах алмазоносних штокоподібних покладів. Причиною цього є те, що розглянуті роботи присвячені в основному проблемам розробки крутоспадних родовищ великої довжини по простяганню (більше 1500-2000 м), коли основні вихідні питання обґрунтування кінцевих контурів кар'єру вирішуються зазвичай на основі профільних геологічних розрізів, що для штокоподібних покладів неприйнятно. Це обумовлює необхідність врахування особливостей кімберлітових родовищ.

У той самий час встановлено, що існує недостатньо робіт, які безпосередньо присвячені питанням проектування кінцевих контурів таких кар'єрів, визначення основних їх технологічних параметрів, розкриву і системи розробки крутоспадних (штокоподібних) кімберлітових родовищ. Це дозволило сформулювати ціль і задачі досліджень

Другий розділ присвячений вирішенню другої і третьої задач досліджень – розвиненню методології визначення кінцевої глибини кар'єрів та геомеханічного обґрунтування параметрів їх бортів при розробці штокоподібних алмазоносних родовищ. Розвинення такої методології необхідно, оскільки відомі методи визначення кінцевої глибини кар'єру не враховують низку характерних особливостей штокоподібних родовищ: 1) зональна зміна міцнісних характеристик масивів гірських порід як з глибиною кар'єру, так і за його периметром; 2) ізометрична трубчата форма покладу; 3) округла форма кар'єрного поля; 4) зміна за глибиною кар'єру коефіцієнта запасу стійкості ділянок неробочих бортів і середнього кута їх укосів. Розвиток методології полягає в наступному.

Для умов освоєння високоцінних покладів корисної копалини, які простягаються на глибину до 600-700 м, альтернативою відкритому способу їх розробки є підземний. Для визначення кінцевої глибини кар'єру був використаний принцип порівняння середнього коефіцієнта розкриву (K_{cp}) з граничним (K_{cp}), тобто $K_{cp} \leq K_{cp}$.

Визначення граничного коефіцієнта розкриву, який є одним з основних показників,

що впливають на кінцеву глибину кар'єру, запропоновано з врахуванням витрат високоцінної корисної копалини (ціна 1 кар. складає 150 дол. США) за формулою:

$$K_{cp} = [C_n - C_o + K_{mn} \cdot C_n^n - K_{no} \cdot C_n^o + (K_{mn} - K_{no}) C_{np}] / C_e, \quad (1)$$

де C_n і C_o – відповідно собівартість видобутку 1 т алмазної руди підземним і відкритим (без врахування розкривних робіт) способами розробки, грн.; K_{mn} і K_{no} – коефіцієнти витрат при підземному і відкритому способах розробки відповідно; C_n^n і C_n^o – вартість втраченої корисної копалини з врахуванням витрат на розвідку і підготовку родовища до експлуатації при підземному і відкритому способах розробки відповідно, грн/т; C_{np} – прибуток на 1 т корисної копалини, що добувається, грн.; C_e – вартість розробки 1 м³ розкриву, грн.

Враховуючи ізометричну форму штокоподібних покладів і, відповідно, округлу форму кар'єрного поля, визначена доцільність застосування одного з двох методів рішення задачі визначення кінцевої глибини кар'єру: 1) за типовим профільним розрізом (плоска задача); 2) за об'ємами гірської маси (просторова або об'ємна задача). Потім встановлювався вплив форми і розмірів кар'єрного поля на величину середнього коефіцієнта розкриву (K_{cp}).

Середній коефіцієнт розкриву при рішенні «плоскої» задачі визначався виходячи з типового профільного розрізу кар'єрного поля штокоподібного покладу:

$$K_{cp}^s = \frac{0,5H_k^2 (ctg\beta_e + ctrg\beta_n)}{M_z \cdot H_k} = \frac{H_{cp} \cdot ctg\beta_{cp}}{M_z}, \quad (2)$$

де H_k – кінцева глибина кар'єру, м; β_{cp} – середній кут укосу неробочого борту кар'єру, град; M_z – горизонтальна потужність покладу, м.

Середній коефіцієнт розкриву при рішенні об'ємної задачі для штокоподібних покладів визначається за формулою

$$K_{cp}^v = \frac{R^2 + R \cdot r - 2r^2}{3 \cdot r^2}, \quad \text{м}^3/\text{м}^3, \quad (3)$$

де R – радіус трубки по поверхні, м, ($R = H_k \cdot Ctg\beta_{cp} + 0,5M_z$, м); r – радіус трубки по низу, м, ($r = 0,5M_z$, м).

Результати виконаних розрахунків за формулами (2) і (3) показали (рис. 1), що для гірничо-геологічних умов залягання алмазонасних родовищ похибка між K_{cp}^v і K_{cp}^s значна і складає в середньому 300% при $M_z = 500-900$ м і $H_k = 500$ м. Тому при визначенні кінцевої глибини кар'єру «Катока» за принципом $K_{cp} \leq K_{cp}$ це треба враховувати, а при визначенні середнього коефіцієнта розкриву на подібних родовищах необхідно однозначно вирішувати об'ємну (просторову) задачу з метою отримання найбільш точних кінцевих контурів кар'єру.

При встановленні кінцевої глибини кар'єру, яким розробляються алмазонасні родовища великої глибини за падінням покладу (більше 700 – 800 м) використовується загальновідомий принцип порівняння контурного коефіцієнта розкриву ($K_{конт}$) з граничним (K_{cp}), тобто $K_{конт} \leq K_{cp}$. Цей принцип передбачає забезпечення мінімуму сумарних експлуатаційних витрат на розробку комбінованим відкрито-підземним способом (ΣZ) тобто

$$\Sigma Z = Z_o + Z_n \rightarrow \min, \quad (4)$$

де Z_o – витрати на розробку верхньої частини покладу глибиною H_k відкритим способом,

грн.; Z_n – витрати на розробку нижньої частини покладу (нижче дна кар'єру) підземним способом. При такому методологічному підході до рішення задачі за умовою (4) формула для визначення оптимальної величини H_k має вигляд

$$H_k = \frac{K_{cp} \cdot M_z}{2 \cdot \text{ctg} \beta_{cp}}, \text{ м.} \quad (5)$$

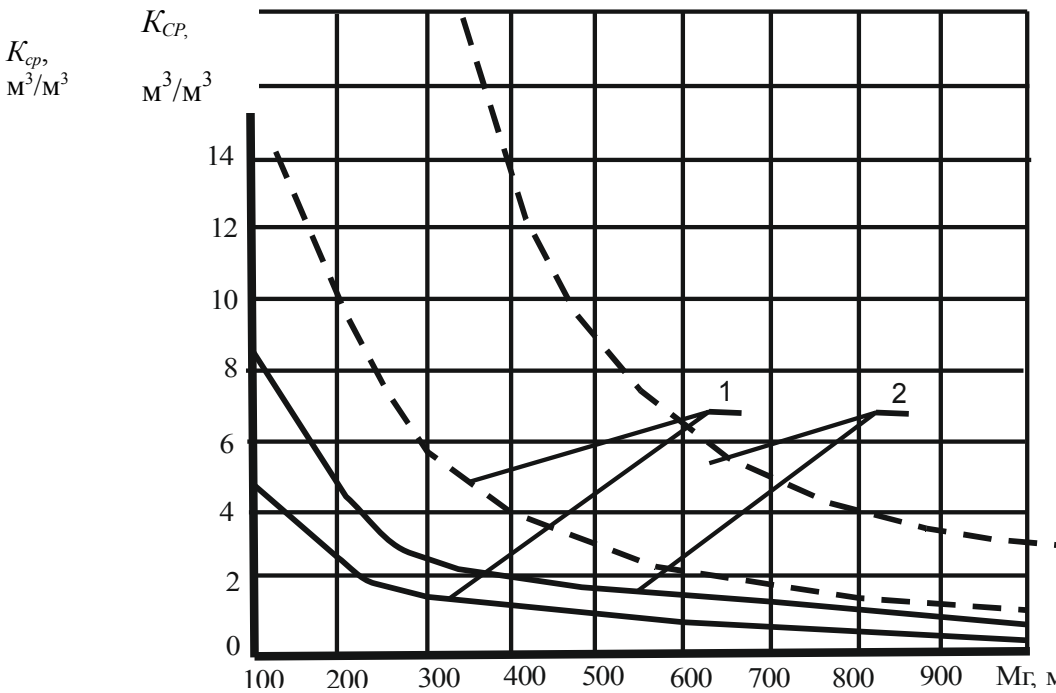


Рис. 1. Графік залежностей K_{cp}^V (штрихова лінія) і K_{cp}^S (суцільна лінія) від горизонтальної потужності покладу: 1 і 2 – відповідно $H_k = 300$ і 600 м.

Приведена формула отримана виходячи з рішення плоскої задачі (по профільному розрізу). При рішенні об'ємної задачі визначення

оптимальної кінцевої глибини кар'єру (H_k) по умові (4) представляється у вигляді

$$\Sigma Z = C_g V_g + C_d V_d + C_n \cdot V_n \rightarrow \min, \text{ грн,} \quad (6)$$

де C_g , C_d і C_n – відповідно собівартості розробки 1 м^3 розкриття і видобутку відкритим і видобутку підземним способами, грн/м³; V_g , V_d і V_n – відповідно об'єми розкриття і видобутку відкритими і підземними способами, м³. Виходячи з умови (6), формула для визначення оптимальної величини $H_{k, \text{opt}}$ має вигляд:

$$H_{k, \text{opt}} = \frac{\frac{1}{3} M_z \cdot \text{Ctg} \beta_{cp} + \sqrt{(1/3 M_z \cdot \text{Ctg} \beta_{cp})^2 + 4 \text{Ctg}^2 \beta_{cp} \cdot 0,25 \cdot M_z^2 (2/3 + K_{cp})}}{2 \cdot \text{Ctg} \beta_{cp}}, \text{ м.} \quad (7)$$

Одним з основних параметрів, що впливають на точність визначення кінцевих контурів кар'єру є кут укосу неробочих бортів (β_{cp}). Величина β_{cp} більшістю авторів наукових досліджень при визначенні кінцевої глибини кар'єру приймається постійною, що, на наш погляд, неприйнятно, виходячи з теорії управління станом масиву гірських порід, оскільки $\beta_{cp} = f(H_k)$. Оптимальна величина β_{cp} і, відповідно, H_k встановлюються шляхом рішення системи двох рівнянь, які представлені двома залежностями: $H_k = f_1(K_{cp}; \beta_{cp})$ і $H_k = f_2(C; \varphi; \beta_{cp})$.

$$\begin{cases} H_{\kappa} = \frac{M_z \cdot K_{zp}}{2 \operatorname{ctg} \beta_{cp}} \\ H_{\kappa} = \frac{2C \cdot \sin \beta_{cp} \cdot \cos \varphi}{\rho \cdot \sin^2 \cdot \frac{\beta_{cp} - \varphi}{2}} \end{cases}, \quad (8)$$

де C , φ і ρ – міцнісні характеристики масиву гірських порід: зчеплення, кут внутрішнього тертя і щільність відповідно.

В результаті рішення цієї системи рівнянь отримана формула для визначення оптимального значення β_{cp} .

$$\beta_{cp} = \operatorname{arctg} \frac{-2AB \pm \sqrt{(-2AB)^2 - 2(AB)^2 - (B^2 - A^2)(A^2 - a^2)}}{2(B^2 - a^2)}, \text{град}, \quad (9)$$

де $A = a \cdot \cos \varphi + l$; $B = a \cdot \sin \varphi$; $a = M_z \cdot K_{zp} \cdot \varphi / 8 \cdot C \cdot \cos \varphi$.

Ефективність відкритої розробки алмазоносних родовищ залежить не тільки від прийняття обґрунтованих рішень з встановлення кінцевої глибини кар'єру, параметрів його бортів і уступів, технологічних схем розробки глибоких горизонтів, але і від напрямку поглиблення як в просторі кар'єру, так і в часі їх проведення.

При встановлених кінцевої глибини кар'єру і середнього кута укосу його неробочих бортів обґрунтування раціонального напрямку поглиблення кар'єру здійснювалось графоаналітичним методом за двома критеріями оцінки варіантів – мінімального середнього з початку розробки коефіцієнта розкриття і досягнення необхідної якості корисної копалини.

При вирішенні третьої задачі досліджень, на підставі геологічних даних по породах інженерно-геологічних комплексів корінного алмазоносного родовища, а також статистичних і розрахункових даних, що характеризують міцнісні властивості вміщуючих і покриваючих порід кімберлітової трубки встановлені закономірності їх зміни як по глибині кар'єру (рис. 2), так і за його периметром (за окремими дільницями-зонами).

Як видно з приведених графіків значення всіх вказаних параметрів із збільшенням поточної глибини кар'єру зростають і більшою мірою величина зчеплення порід C . Із збільшенням глибини кар'єру від 100 м до 400 м зчеплення порід зростає від 1МПа до 13МПа.

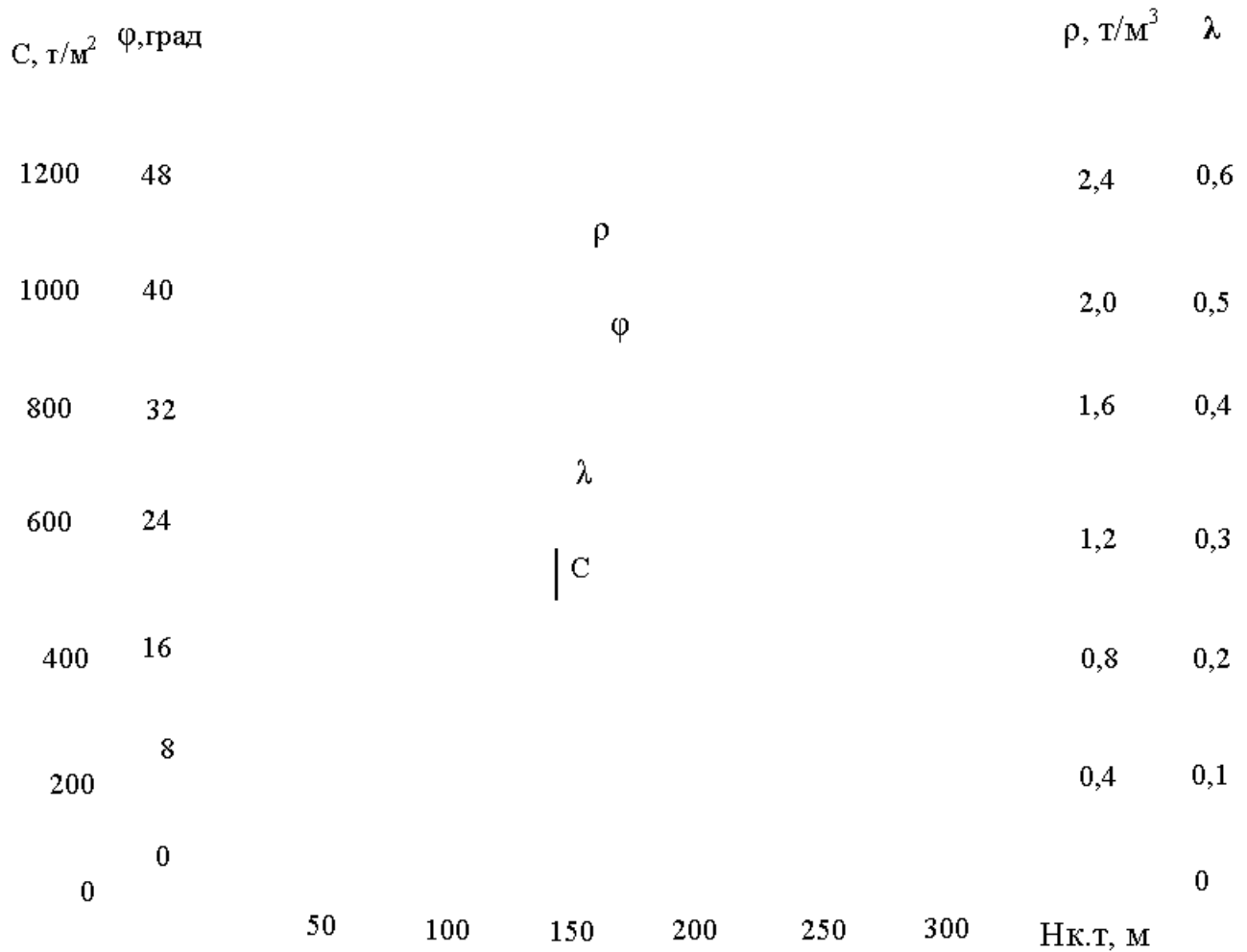


Рис. 2. Графік залежності зчеплення порід (C), кута внутрішнього тертя (φ), щільності (ρ) і коефіцієнта структурного ослаблення (λ) від поточної глибини кар'єру $H_{к.т.}$ (на прикладі трубки «Катока»).

З урахуванням встановлених закономірностей зміни з глибиною кар'єру міцнісних характеристик масиву порід його бортів був уточнений методологічний підхід до визначення вихідного розрахункового коефіцієнта запасу стійкості ($K_{з.у.и}$), конструкції та параметрів неробочих бортів. Величина $K_{з.у.и}$ розраховується за виразом

$$K_{з.у.и} = K_{з.у.1} \cdot K_{з.у.2} \cdot K_{з.у.3} \cdot K_{з.у.4} \cdot K_{з.у.5}, \quad (10)$$

де $K_{з.у.1}$, $K_{з.у.2}$, $K_{з.у.5}$ – коефіцієнти запасу стійкості, які відповідно враховують: 1) похибку визначення міцнісних характеристик зразків гірських порід; 2) зміну властивостей порід в часі; 3) неточність врахування тріщинуватості порід в масиві; 4) неточність визначення динамічних навантажень на масив; 5) похибку методу визначення розрахункового коефіцієнта запасу стійкості масиву борта кар'єру.

Обґрунтування конструктивного оформлення неробочих бортів та визначення їх параметрів: висоти окремих його ділянок по глибині, середнього кута укосу виконуються за

методикою Галустяна Е.Л., з врахуванням встановлених закономірностей (див. рис. 2) та технологічних особливостей розробки родовища (застосування з глибини 100-150 м циклічно-потоккової технології – ЦПТ).

Встановлено, що для гірничо-геологічних умов відкритої розробки глибокозалягаючих алмазоносних покладів Анголи найбільш доцільною є тригранна форма профілю борта, тобто випукла. Стійкість борту такої конструкції визначається за методиками Фісенко Г.Л., Арсентева А.І.

Третій розділ присвячений вирішенню четвертої задачі досліджень – встановленню раціональних параметрів буропідричних робіт для руйнування різноміцних порід при закусці уступів і постановці їх в граничне положення в проміжному і кінцевому контурах кар'єру. Розробка технології вибухового руйнування різноміцних порід в умовах родовища «Катока» передбачає підривання високих уступів. Останні представлені корисною копалиною і скельним розкритом або щільно зв'язними глинами. Особливо це актуально при виконанні БВР на границі між кімберлітовими брекчіями, які є попутними корисними копалинами, і вулканогенними осадовими відкладеннями, а також в приконтатній зоні гнейсів з тілом кімберлітової трубки.

При вибуховому руйнуванні складноструктурних порід виникає утруднення в досягненні якісного дроблення корисної копалини і скельного розкриття, що є сировиною для будівельної індустрії. Окрім цього необхідно зберегти геологічну структуру висаджуваного складноструктурного масиву різноміцних порід для його селективної розробки і досягти мінімальних втрат і розубожування.

Відомі методи управління енергією вибуху, що застосовують при підриванні високих уступів однотипних порід, прийнятні для вибухопідготовки різноміцних порід. Проте вони не можуть гарантувати в таких умовах якісне дроблення, збереження геологічної структури і мінімальне розубожування, оскільки в цьому випадку функції розподілу енергії вибуху по висоті уступу і встановлення параметрів сітки свердловин відрізнятимуться від раніше відомих. Тому створення технології вибухопідготовки різноміцних порід, що забезпечує мінімальні втрати і розубожування корисної копалини, є важливою задачею як в науковому, так і в практичному плані. Аналіз теоретичних досліджень показав, що при руйнуванні твердих середовищ, величина новоутвореної вільної поверхні пропорційна загальній енергії ВВ. Проте це може бути справедливо тільки для ідеально однорідних твердих середовищ. При наявності в твердому середовищі навіть незначних мікротріщин (неоднорідностей), величина новоутвореної вільної поверхні значною мірою залежатиме від об'ємної щільності енергії.

У твердих тілах сили відштовхування і тяжіння між атомами дуже швидко збувають із збільшенням відстані між ними. Для простоти вважатимемо, що атоми, з яких складається скеляна порода, знаходяться або на нормальній відстані один від одного, тобто коли сили взаємного тяжіння і відштовхування врівноважують один одного (виконується закон Гука), або ж на відстанях, при яких сили тяжіння і відштовхування дорівнюють нулю. Сукупність таких "розірваних" атомів утворює мікротріщини. Природно, що руйнівне напруження, значною мірою, визначатиметься кількістю мікротріщин, що знаходяться в одиниці об'єму.

При руйнуванні гірських порід найбільш прийнятним показником, що характеризує якісний стан гірської маси по висоті уступу або у напрямі горизонтальної площини, є середнє значення коефіцієнта дроблення, який визначається середнім значенням об'ємної щільності енергії вибуху ($\bar{\epsilon}$)

$$\bar{\epsilon} = \frac{\epsilon_0}{R_0} \int_0^{R_0} e^{-\frac{r}{\lambda}} dr = \frac{\lambda \epsilon_0}{R_0} \left[1 - e^{-\frac{R_0}{\lambda}} \right], \quad (11)$$

де R_0 – радіус дроблення, тобто відстань від епіцентру вибуху до точки, в якій напруження в масиві здатне виробляти руйнівну дію; ϵ_0 – щільність енергії в епіцентрі вибуху при $r = 0$; λ –

пара

в якій щільність

ї поверхні

що є

Ду...
головним, Г...
прямопропорційна...
регулювати міру розубожування...

Четвертий розділ присвячений вироб...
практичні рекомендації з визначення ефективних техно...
напряму його поглиблення.

За розвинутою автором методологією визн...
(рис. 3).

 $H_k, \text{м}$

1000

600

400

200

0

30

40

50

60

70

 $\beta_{cp}, \text{град.}$

6

3

2

1

Рис. 3. Графік залежності $H_k = f_1(K_{zp}, \beta_{cp})$ (суцільна лінія), $H_k = f_2(\beta_{cp}, C, \varphi)$ (штрихова лінія): 1,2,3,4 – відповідно $K_{zp} = 0,5; 1,0; 2,0; 3,0$; 5 і 6 – $C = 155$ і 76 т/м^2 .

Як видно із введених залежностей графічне рішення задачі визначення оптимального кута неробочих бортів кар'єру β_{cp} і, відповідно, кінцевої його глибини має місце, оскільки існують точки вертину. Так, наприклад, при $K_{zp} = 2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ і $C = 76 \text{ т/м}^2$ величина $\beta_{cp.opt} = 42^\circ$. При такому значенні $\beta_{cp.opt}$ глибина кар'єру «Катока» може досягти 700 м.

Результати розрахунку величини K_{zp} , з врахуванням усереднених статистичних даних ГРО «Катока», «Алроса» ($C_n = 150 \text{ грн/т}$; $3 = 100 \text{ грн/т}$; $K_{mn} = 0,1$; $K_{no} = 0,05$; $C_{mn} = C_{on} = 1200 \text{ грн/т}$; $C_{np} = 600 \text{ грн/т}$; $C_s = 80 \text{ грн/т}$), показали, що $K_{zp} = 1,75 \text{ т/т}$ або $2,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ (при щільності розкривних порід – 2 т/м^3 і щільності корисної копалини – $2,5 \text{ т/м}^3$).

Слід відмітити, що визначення значення β_{cp} необхідно корегувати з урахуванням технології розробки родовища.

Згідно з розробленими рекомендаціями обґрунтована раціональна конструкція неробочих бортів кар'єру «Катока», що дозволяє забезпечити його стійкість з необхідним

коефіцієнтом її запасу, а також суттєво зменшити об'єми розкривних порід при їх виїмці в кінцевих контурах кар'єру.

З врахуванням встановлених граничних параметрів уступів, збільшенням з глибиною міцністних характеристик масивів гірських порід, а також застосування ЦПТ розробки родовища для кар'єру «Катока» рекомендований профіль неробочого борту опуклої тригранної форми (рис. 4).

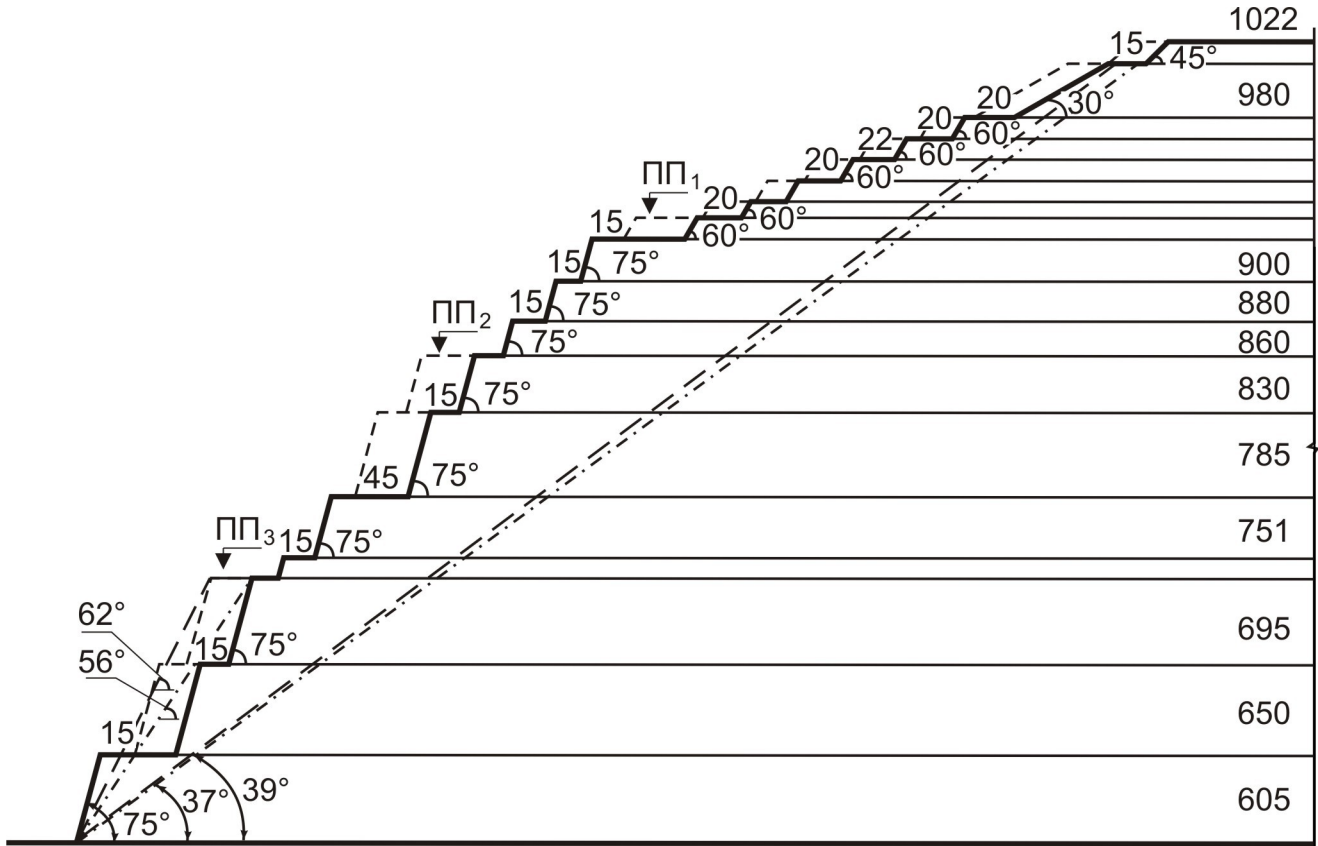


Рис. 4. Конструктивне оформлення неробочого борту кар'єру «Катока» тригранної (опуклої) форми.

13

Конструктивне оформлення неробочого борту тригранного (опуклого) профілю виконане за методикою, викладеною в роботах Галустьяна Е.Л., Арсентьева А.І. та ін., в яких наголошується, що укіс будь-якого плавного профілю в зоні опуклого і увігнутого розрахункових укосів має однаковий коефіцієнт запасу стійкості. Тобто якщо базовий (ВНІМ) та рекомендований профілі борту знаходяться в зоні між прямою 1 і кривій 2, то вони обидва є стійкими (рис. 5).

Рис. 5. Схема порівняння профілів укосу неробочого борту кар'єру в граничному напруженому стані його масиву

Проте варіант, що рекомендується, має перевагу в скороченні об'єму розкривних порід, які виймають із кар'єру в кінцевих його контурах. Величина скорочення об'єму розкриву ($\Delta V_в$) визначається за формулою

$$\Delta V_в = 0,5H_K^2 (\operatorname{ctg}\alpha_2 - \operatorname{ctg}\alpha_1) \cdot 1000, \text{ м}^3, \quad (12)$$

де α_1 і α_2 – відповідно середні граничні кути укосу борту за варіантом, що рекомендується, і базовому варіанту, $\alpha_1 = 39^\circ$ і $\alpha_2 = 37^\circ$. Скорочення об'єму розкривних порід на 1000 м борту складає $9,1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, а економія витрат тільки на виїмку і транспортування порід комплексами «екскаватор-автосамоскиди» складе 3,4 млн. дол.

Згідно з розробленими рекомендаціями виконані розрахунки зі встановлення коефіцієнтів запасу стійкості $K_{з.у.р}$ – розрахункового і $K_{з.у.дон}$ – допустимого) для інженерно-геологічного комплексу (ІГК) родовища «Катока» показали, що в цілому по всій товщі ІГК і при глибині кар'єру 450 м розрахунковий середньозважений коефіцієнт запасу стійкості $K_{з.у.р}$ бортів кар'єру складає в середньому по ділянках – 1,42, що перевищує величину допустимого (нормативного) коефіцієнта $K_{з.у.дон}$ на 9%. Це вимагає уточнення $K_{з.у.дон}$, оскільки він розраховується емпіричним шляхом або застосування спеціальних інженерних методів забезпечення стійкості уступів і бортів: штучне зміцнення уступів, контурне підривання свердловин при постановці уступів в граничне положення, заукіска уступів і ін. Обґрунтовані рекомендації з вибору раціонального напрямку поглиблення кар'єру «Катока». З урахуванням мінімального середнього з початку розробки коефіцієнта розкриву, а також зміни якості корисної копалини, раціонально напрямком поглиблення кар'єру на першому етапі його розробки (до 150 м) приймати спочатку на заході, а потім на сході кар'єрного поля. При подальшому розвитку гірничих робіт до глибини 450 м напрямком поглиблення повинен

здійснюватися на західному крилі кар'єрного поля по неробочому борту. Наведені рекомендації дозволяють зробити висновок, що в умовах штокоподібного алмазозного родовища «Катока» застосування отриманих рекомендацій зі встановлення кінцевої глибини кар'єру та технологічних параметрів кар'єру дозволять підвищити ефективність його розробки. При цьому зменшується об'єм виймання розкривних порід на 9,1 млн. м³ та досягається економічний ефект в розмірі 3,4 млн. дол.

ВИСНОВКИ

У дисертації, яка є завершеною науково-дослідною роботою, поставлена і вирішена актуальна науково-практична задача, яка полягає у встановленні закономірностей зміни з глибиною розробки геомеханічних параметрів масивів гірських порід бортів кар'єру та коефіцієнтів розкриву. Визначені закономірності послужили основою розробки методик обґрунтування ефективних технологічних параметрів освоєння глибоких горизонтів при відкритій розробці алмазозних штокоподібних родовищ.

Найбільш важливі наукові і практичні результати, висновки і рекомендації полягають в наступному.

1. Розвинений методологічний підхід до визначення кінцевих контурів кар'єру для штокоподібних покладів. Визначена область значень кінцевої глибини кар'єру і кутів укосу його неробочих бортів залежно від міцнісних характеристик масиву гірських порід (зчеплення, кута внутрішнього тертя і граничного коефіцієнта розкриву). Встановлено, що кінцева глибина кар'єру «Катока» складає 450 м.

2. Встановлено, що величина середнього коефіцієнта розкриву при вирішенні плоскої і просторової задачі істотно відрізняються. Так, для штокоподібних покладів ($L_d/B_d = 1 \dots 2$) величина середнього коефіцієнта розкриву, виходячи з рішення просторової задачі, в 2...2,5 рази більше в порівнянні з величиною коефіцієнта розкриву, визначеної по поперечному розрізу (плоска задача), тобто похибка складає 100...250%. Для штокоподібних покладів похибка складає між K_{cp}^V і K_{cp}^S в середньому 300%. Тому при визначенні середнього коефіцієнта розкриву на подібних родовищах необхідно однозначно вирішувати просторову задачу з метою досягнення найбільш точних кінцевих контурів кар'єру.

3. Встановлені залежності зміни основних параметрів, що керують стійкістю бортів (зчеплення, кута внутрішнього тертя, щільності порід і коефіцієнта структурного послаблення масиву) від поточної глибини кар'єру. З її збільшенням перші три зростають, а коефіцієнт структурного послаблення масиву зменшується. Так наприклад, із збільшенням глибини кар'єру від 100 м до 400 м сила зчеплення порід зростає від 100 т/м² (1 МПа) до 1300 т/м² (13 МПа). На основі встановлених залежностей визначені висота і кут укосів уступів в проміжному і кінцевому контурах кар'єру, результуючий кут укосу неробочого борту та форма його профілю.

4. Доведено, що в умовах штокоподібних алмазозних родовищ із-за зональної зміни міцнісних характеристик масиву гірських порід найбільш доцільне конструктивне оформлення неробочих бортів багатогранної (опуклою) форми. З врахуванням геологічних і технологічних особливостей (застосування ЦПТ, тобто наявність перевантажувальних пунктів) для кар'єру «Катока» рекомендований тригранний (опуклий) профіль неробочого борту при куті його укосу 39°, що дозволяє зменшити об'єми розкривних порід, які виймають в кінцевих контурах кар'єру на $9,1 \cdot 10^6$ м³ на 1000 м довжини борту.

5. Уперше встановлена аналітична залежність новоутвореної (після вибуху) вільної поверхні неоднорідного масиву від енергії вибуху і від її щільності, що відрізняється від раніше прийнятої гіпотези, згідно якої ця поверхня прямопропорціональна лише енергії вибуху. Її використання дозволяє обґрунтувати показники якості вибухової підготовки різноміцних порід: коефіцієнт дроблення і коефіцієнт, що характеризує міру зміни геологічної структури масиву, що підривається, які, на відміну від відомих, дозволяють

врахувати вплив об'ємної щільності енергії вибуху і, тим самим, забезпечити можливість регулювання якості дроблення гірських порід.

6. Уперше встановлена аналітична залежність показника зміни геологічної структури масиву від повної (сумарною) енергії вибуху, що виділяється при підриванні розосереджених повітряним проміжком свердловинних зарядів для масиву різноміцних порід, використання якої дозволяє зменшити міру розубожування корисної копалини.

7. Обґрунтована технологія і параметри заукісних робіт при постановці уступів в проектне положення в проміжному і кінцевому контурах кар'єру з використанням гірляндного заряду для створення екрануючої щілини в плоскості проектного контура для уступів висотою 45 м, що дозволяє підвищити стійкість неробочих бортів кар'єру.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в роботах:

У фахових наукових виданнях:

1. Казола А.Д. Развитие методологических подходов к решению задач по установлению конечных контуров карьеров / И.Л. Гуменик, Н.В. Несвитайло, А.Д. Казола // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: – Науково-виробничий збірник Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського . – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 1/2010 (5). – С. 108–112 (Міжнародна наукометрична база даних «INDEX COPERNICUS»).

2. Казола А.Д. Общая оценка сырьевой базы Республики Ангола / И.Л. Гуменик, Н.В. Несвитайло, А.Д. Казола // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Д.: 2011. – № 4. – С. 82–85.

3. Казола А.Д. Состояние и перспективы открытой разработки алмазоносных месторождений республики Ангола / А.Д. Казола // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – № 39. – С. 46–51.

4. Казола А.Д. О кинетической энергии взрыва и рациональных параметрах буровзрывных работ при взрывоподготовке разнопрочных пород / И.Л. Гуменик, Н.В. Несвитайло, А.Д. Казола // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. –Кременчук: 2012. Вип. 1/2012 (72) Частина 1. – С. 103-106 (Міжнародна наукометрична база даних «INDEX COPERNICUS»).

5. Казола А.Д. Конструктивное оформление нерабочих бортов карьера при разработке штокообразного месторождения Катока / А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло, Б.Е. Собко, А.Д. Казола // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – № 43. – С. 172– 178.

У зарубіжних збірниках:

6. Gumenik I. Management of blast energy during joint blast preparation of unequal in strength rock // I. Gumenik, N. Nesvitailo, A. Kazola // Scientific reports on resource issues 2012, vol. 1 // TU Bergakademie Freiberg, International University of Resources. 2012. – P. 224 – 229.

В інших наукових виданнях:

7. Казола А.Д. Регулирование степени дробления горных пород в неоднородных средах / Н.В. Несвитайло, С.К. Молдабаев, А.Д. Казола, Д.М. Сиваракша // Матер. межд. научн.-практ. конф. «Повышение качества образования и научных исследований» в рамках XII Сатпаевских чтений» – Екибастуз: ЕИТИ, 2013. – С. 276–282.

8. Казола А.Д. Обеспечение качества дробления горных пород в неоднородных средах / Н.В. Несвитайло, С.К. Молдабаев, А.Д. Казола // Труды II межд. научн. конф. «Высокие технологии – залог устойчивого развития». – Алматы: КазНТУ, 2013. – II том. – С. 185–188.

9. Казола А.Д. Установление критерия сравнительной оценки экономической эффективности вариантов производства горных работ в карьере поле штокообразного месторождения Катока / Н.В. Несвитайло, А.М. Маевский, А.Д. Казола // Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии и проекты в горно-

металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение» – Алматы: КазНТУ, 2014. – С. 256–260.

10. Казола А.Д. Научные аспекты доработки карьерных полей и перехода с открытых горных работ на подземные / А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло А.Д. Казола // Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение» – Алматы: КазНТУ, 2014. – С. 203–206.

11. Казола А.Д. К вопросу определения граничного коэффициента вскрыши для Стремигородского коренного месторождения ильменитовых руд / Н.В. Несвитайло, А.Д. Казола // Міжнародна науково-практична конференція «Форум гірників – 2013». – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2013.– С.161–165.

12. Казола А. Д. Установление и анализ параметров, влияющих на устойчивость массивов горных пород бортов (уступов) карьера Катока / А.М. Маевский А.М, Н.В. Несвитайло, А.Д. Казола // Міжнародна науково-практична конференція «Форум гірників – 2013». – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2013. – С. 190–196.

13. Казола А.Д. Выбор и обоснование метода расчета устойчивости нерабочих бортов карьера Катока / А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло, Б.Е. Собко, А.Д. Казола // Міжнародна науково-практична конференція «Форум гірників – 2013». – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2013. – С. 180–185.

14. Казола А.Д. Оценка особенностей геологического строения штокообразного месторождения Катока / Н.В. Несвитайло А.Д. Казола // Міжнародна науково-практична конференція «Форум гірників – 2013». –Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2013.– С. 27–32.

Особистий внесок автора в роботи, які написані в співавторстві:

[1,4,5,6,7,8,13] – проведення розрахунків та аналіз результатів; [2] – пошук та аналіз джерел по розробці родовищ Анголи; [9] – розробка варіантів виконання гірничих робіт для їх економічної оцінки; [10] – розробка методичних основ доробки кар'єрного поля; [11,12,13] – аналіз параметрів та вибір методів розрахунку стійкості неробочих бортів кар'єру Катока; [14] – аналіз геологічного складу родовища Катока.

АНОТАЦІЯ

Казола А.Д. Обґрунтування ефективних технологічних параметрів розробки глибоких горизонтів кар'єрів при освоєнні алмазоносних штокоподібних родовищ республіки Ангола (на прикладі кімберлітової трубки «Катока»). – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за

спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин. – Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Міністерство освіти і науки України, Дніпропетровськ, 2014.

Дисертація присвячена обґрунтуванню технологічних параметрів відкритої розробки алмазоносних штокоподібних родовищ республіки Ангола. У дисертації виконана загальна оцінка сировинної бази республіки Ангола, стан та перспективи відкритої розробки алмазоносних родовищ. Розвинена методологія визначення кінцевих контурів кар'єру для штокоподібних родовищ. Визначена область значень кінцевої глибини кар'єру і кутів укосу його неробочих бортів залежно від міцнісних характеристик масиву гірських порід. Обґрунтовані показники оцінки якості вибухової підготовки різноміцних порід, які дозволяють врахувати вплив об'ємної щільності енергії вибуху і забезпечити можливість регулювання якості дроблення гірських порід. Вперше встановлено аналітичну залежність знову утвореної (після вибуху) вільної поверхні неоднорідного масиву від енергії вибуху і від її щільності. Результати досліджень рекомендовані та прийняті до впровадження конструктивного оформлення неробочого борту кар'єру «Катока» при його заглибленні. Очікуваний економічний ефект складає 3,4 млн. дол. США.

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, кимберліти, глибокі горизонти кар'єру, інженерно геологічні комплекси, буровибухові роботи.

АННОТАЦИЯ

Казола А. Д. Обоснование эффективных технологических параметров разработки глубоких горизонтов карьеров при освоении алмазоносных штокообразных месторождений республики Ангола (на примере кимберлитовой трубки «Катока»). – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.03 - открытая разработка месторождений полезных ископаемых. - Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Министерство образования и науки Украины, Днепрпетровск, 2014.

В диссертационной работе решена актуальная научная задача по установлению закономерностей изменения основных прочностных характеристик, руководящих стойкостью бортов, от текущей глубины карьера. На основании этих закономерностей определены высота и угол откосов уступов в промежуточном и конечном контурах карьера «Катока».

Развита методология определения конечных контуров карьера для штокообразных залежей. Определена область значений конечной глубины карьера и углов откоса его неробочих бортов в зависимости от прочностных характеристик массива горных пород.

Доказано, что в условиях штокообразных алмазоносных месторождений из-за зонального изменения прочностных характеристик массива горных пород наиболее целесообразно конструктивное оформление неробочих бортов многогранной (выпуклой) формы. С учетом геологических и технологических

особенностей (применение ЦПТ, т.е. наличие перегрузочных пунктов) рекомендован трехгранный (выпуклый) профиль нерабочего борта при угле его откоса 39° , что позволяет уменьшить объемы вскрышных пород, извлекаемых в конечных контурах карьера на $9,1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ на 1000 м длины борта.

Впервые установлена аналитическая зависимость вновь образуемой (после взрыва) свободной поверхности неоднородного массива и показателя изменения геологической структуры массива от полной (суммарной) энергии взрыва, выделяемой при взрывании рассредоточенных воздушным промежутком скважинных зарядов для массива разнопрочных пород, использование которой позволяет уменьшить разубоживание полезного ископаемого.

Обоснована технология и параметры заоткосных работ, т.е. постановки уступов в проектное положение в промежуточном и конечном контурах карьера при использовании гирляндного заряда для создания экранирующей щели в плоскости проектного контура для уступов высотой 45 м, что позволяет повысить устойчивость нерабочих бортов карьера.

Результаты исследований рекомендованы и приняты для внедрения конструктивного оформления нерабочего борта карьера «Катока» при его углубке. Ожидаемый экономический эффект 3,4 млн. дол. США.

Ключевые слова: открытые горные работы, кимберлиты, глубокие горизонты карьера, инженерно геологические комплексы, буровзрывные работы.

ANNOTATION

Cazola A. D. Substantiation of effective technological parameters of the deep bedding rock development during mastering the diamond open-pit mining in republic of Angola (In terms of kimberlite pipe “Katoka”). – Manuscript.

The thesis for a scientific degree of the candidate in Technical Science in specialty 05.15.03 – Open-Pit Mining. – State HEI “National Mining University”; Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipropetrovsk, 2014.

The dissertation concerns substantiation of operational parameters for boss diamond deposits open-pit mining in Republic of Angola. The work makes overall assessment of raw material base in Republic of Angola explaining both situation and future of diamond deposits open-pit mining. Methodological approach to determine final contours of open pit for boss deposits is developed. A range of total depth for open-pit and its spoil bank slope are determined. The values depend on rock mass hardness characteristics. Quality assessment of blasting preparation for rocks having various levels of hardness is substantiated. The factor helps involve volumetric density effect of explosive providing control of rock fragmentation quality index. For the first time it is identified analytical dependence of newly formed (after blasting) free surface of heterogeneous mass as a result of explosive and its density. The analysis is recommended and accepted to implement constructive design of spoil

bank of “Katoka” open-pit while deepening. It is expected that economic effect is USD 3.4 mln.

Key-words: open-pit mining, kimberlites, diamonds, deep horizons of the pit, geotechnical systems, drilling and blasting.

КАЗОЛА АУГУШТО ДОМІНГУШ

**Обґрунтування ефективних технологічних
параметрів розробки глибоких горизонтів кар'єрів
при освоєнні алмазонасних штокоподібних родовищ
республіки Ангола
(на прикладі кімберлітової трубки «Катока»)**

(Автореферат)

Підп. до друку Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 120 пр. Зам. № 857

Державний вищий навчальний заклад

«Національний гірничий університет»

49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.