

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

УСАТИЙ ВОЛОДИМИР ЮРІЙОВИЧ

УДК 622. 271:622.843.2

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КАМЕР СКЛАДНОЇ ФОРМИ
ДРУГОЇ ЧЕРГИ ВІДПРАЦЮВАННЯ ЗАПАСІВ
СИСТЕМ РОЗРОБКИ З ТВЕРДЮЧИМ ЗАКЛАДАННЯМ**

Спеціальність: 05.15.02 - Підземна розробка родовищ корисних копалини

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ)

Науковий консультант:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри підземної розробки родовищ Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ)

**КУЗЬМЕНКО
Олександр
Михайлович**

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри підземної розробки родовищ корисних копалин Криворізького технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

**КАЛІНІЧЕНКО
Всеволод
Олександрович**

кандидат технічних наук, доцент, начальник науково-дослідної частини Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ)

**ХОМЕНКО
Олег Євгенович**

Захист відбудеться «04» березня 2011 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (49027, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19, т. 47-24-11)

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19)

Автореферат розісланий « __ » січня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03
кандидат технічних наук, доцент

В.І. Тимощук

Загальна характеристика роботи. Застосування на рудниках систем розробки корисних копалин з твердіючим закладання виробленого простру дозволяє розробляти поклади руди, що залягають в складних гірничо-геологічних та гідрогеологічних умовах.

Питання стійкості відслоненої поверхні очисних камер є постійно актуальним в зв'язку з частою зміною гірничо-геологічних умов за простяганням рудного покладу та глибиною розробки, а також з впровадженням інтенсивного видобутку руди. При зміні форми високої очисної камери на більш складну, що утворюється при поєднанні камер другої та третьої черги відпрацювання запасів при системах з твердіючим закладанням, питання стійкості контуру камери викладено в джерелах інформації недостатньо. За цих обставин визначення раціональних технологічних параметрів камер складної форми другої черги відпрацювання запасів при системах розробки з твердіючим закладанням і використанням самохідної гірничодобувної техніки є актуальною науковою задачею й потребує наукового обґрунтування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, проблемами. Дисертація є складовою частиною наукової роботи, в якій здобувач брав участь при виконанні науково-дослідних робіт Національного гірничого університету за темою ДП -378 «Визначення основних теоретичних положень, що впливають на ефективність інтенсифікації гірничих робіт при збереженні колективної безпеки людей при вийманні вугілля» № держреєстрації 0106U001370 і ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобування вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» № держреєстрації 0108U000541.

Мета роботи – обґрунтування параметрів камер складної форми другої черги відпрацювання рудних запасів при системах розробки з твердіючим закладанням на основі встановлення закономірностей формування напруженого стану в масиві складових елементів камери, що характеризує стійкість відслоненої поверхні та ефективність ведення гірничих робіт.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі вирішені наступні задачі:

1. Виконаний аналіз гірничотехнічних умов розробки Південно-Білозірського родовища залізних руд і ефективності застосування систем з твердіючим закладанням.
2. Встановлений вплив гірничого тиску і форми очисної камери на стійкість масиву з різними модулями пружності.
3. Виконане математичне моделювання та моделювання фото-пружних матеріалах напруженого стану складових елементів високих очисних

камер другої черги відпрацювання рудних запасів.

4. Обґрунтуванні технологічні параметри високих камер другої черги відпрацювання рудних запасів при зміні форми та параметрів систем розробки з твердіючим закладанням.

Ідея роботи полягає в урахуванні закономірностей розподілу напружень у масиві навколо очисних камер складної форми в системі розробки з твердіючим закладанням виробленого простору та виборі на цій основі раціональних технологічних параметрів камер другої черги відпрацювання рудних запасів.

Об'єкт досліджень - технологічні процеси гірничих робіт при камерній системі розробки рудного покладу з твердіючим закладанням виробленого простору.

Предмет досліджень - закономірності впливу складної форми очисної камери на стан гірничого масиву й технологічні процеси гірничих робіт при різних модулях пружності гірських порід, що вміщують рудний поклад.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в роботі мети застосований комплексний підхід, що включає аналітичні методи розв'язання задач геомеханіки, методи математичної статистики та регресійного аналізу, чисельне та фізичне моделювання на оптично активних матеріалах, експериментальні спостереження за станом виробленого простору очисних камер.

Наукові положення, які захищаються в дисертації:

1. Розподіл напружень навколо високих очисних камер систем розробки рудних запасів з твердіючим закладанням виробленого простору на великих глибинах відрізняється тим, що їх концентрація залежить від нахилу елементів камери до вертикальної осі, фізико-механічних властивостей конгломерату масиву в покрівлі, послідовності відпрацювання очисних камер у поверсі та за глибиною рудного покладу. Це визначає стійку площу до відслонення контуру високої камери, послідовність відпрацювання та закладання в поверсі, а також ефективність відпрацювання рудних запасів.

2. Коефіцієнт концентрації еквівалентних напружень змінюється за логарифмічною залежністю від кута нахилу площини покрівлі до вертикальної осі очисної камери (2φ). Це дозволяє вибрати найбільшу стійку площину відслонення порід у виробленому просторі, не змінюючи властивості та міцність закладного масиву, а також підвищити коефіцієнт вилучення руди й зменшити засмічення рудної маси.

Наукова новизна отриманих результатів:

- уперше встановлено кількісне співвідношення еквівалентних напружень на контурі високої очисної камери складної форми з урахуванням напрямку випуклості в масив та виробленого простору; найбільша концентрація еквівалентних напружень (0,71) спостерігається при випуклості контуру в масив, зі зростанням від відслонених площин і наступним монотонним затуханням, а при випуклості у бік виробленого простору напруження концентруються біля боків камери;

- уперше встановлено, що на випуклостях контуру очисної камери еквівалентні напруження змінюються за поліноміальною залежністю в глибину масиву, маючи показники у 2 рази більші у боках покрівлі й у 1,5 рази ніж біля днища;

- уточнено закономірності впливу кривизни покрівлі очисної камери, складеної з конгломерату закладної суміші, руди та порід, на розподіл коефіцієнта концентрації напружень в залежності від кута, під яким утворюються відслонені поверхні;

- уточнено механізм захисної дії закладки в розподілі напруженого стану в рудному цілику, що знаходиться між закладеними камерами другої черги відпрацювання запасів, який відрізняється тим, що максимальна концентрація нормальних напружень зміщується з покрівлі на рівень випуску руди з днища камери, формуючи опірний тиск на відкатному горизонті;

- доведено, що геометричні розміри та конфігурація очисної камери другої черги відпрацювання запасів руди та технологічні параметри блоку залежать від порядку відпрацювання запасів в поверсі та закладання камер.

Наукове значення роботи полягає в обґрунтуванні параметрів камер складної форми другої черги відпрацювання систем розробки з твердіючим закладанням, які відрізняються тим, що у виборі конфігурації виробленого простору високих камер враховується напружений стан рудного та закладного масиву, а також порядок відпрацювання рудних запасів в поверсі, що дозволяє керувати параметрами технологічного блоку при системах розробки з твердіючим закладанням.

Практичне значення роботи полягає в:

- уточненні моделі розрахунку напружень в масиві навколо високих очисних камер другої черги відпрацювання запасів з урахуванням коефіцієнту захисної дії потужного й міцного шару кварциту;

- обґрунтованому і реалізованому методичному підході до вибору технологічних параметрів розміщення підготовчих і нарізних виробок для камер другої черги відпрацювання запасів та їх конфігурації з урахуванням напруженого стану оточуючих порід та механізму захисної дії закладного масиву.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується:

- збіжністю результатів моделювання, що характеризують напружений стан гірничого масиву навколо високої очисної камери складної форми, з шахтними експериментальними даними (12-20%) щодо стійкості відслоненої поверхні виробленого простору цих камер.

- визначенням границь нахилу відслоненої поверхні складових покрівлі очисної камери другої черги відпрацювання запасів з урахуванням стійкості конгломерату, утвореного закладним масивом, рудою та породами;

- результатами впровадження послідовності й етапів відпрацювання високих очисних камер другої й третьої черги у технологічному блоці при системах розробки з твердіючим закладанням.

Реалізація висновків і рекомендацій роботи. Результати дисертаційної роботи впроваджені при відпрацюванні рудних запасів в поверсі 480-640 м на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «Запорізький залізорудний комбінат» з економічним ефектом 282 тис. грн на одне поєднання камер другої та третьої черг відпрацювання запасів.

Особистий внесок автора. Автором сформульовані мета, ідея роботи та наукові положення, виконані аналітичні оцінки та чисельне моделювання напруженого стану очисних камер другої черги відпрацювання запасів, проведені й узагальнені їх результати, розроблені практичні рекомендації технологічних параметрів для шахт, що впроваджують системи розробки з твердіючим закладанням виробленого простору.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи в цілому та окремі її етапи обговорювалися й одержали позитивну оцінку на міжнародних наукових конференціях: «Проблеми і перспективи геотехнологій на початку III тисячоліття». – Дніпропетровськ: НГУ. – 2002 г.; на Українсько-польському форумі гірників «Гірничодобувна промисловість України і Польщі: Актуальні проблеми та перспективи»: Дніпропетровськ, 2004 г.; «Форум гірників» (Дніпропетровськ 2006-2009), «Школа підземної розробки» – (Ялта 2007-2010), а також на технічних нарадах Запорізького залізорудного комбінату.

Публікації. Основні наукові положення і результати досліджень опубліковані в 14 наукових працях, у тому числі 7 опубліковані в спеціалізованих виданнях, 7 – у збірниках міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Викладена на 145 сторінках машинописного

тексту, містить 25 рисунків, а також список використаних джерел із 101 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Аналіз джерел інформації показує, що застосування систем розробки рудних родовищ з твердіючим закладанням дозволяє вирішувати цілу низку проблемних питань щодо складності гірничо-геологічних і гідрогеологічних умов, а також досягати високих техніко-економічних показників роботи гірничодобувних підприємств.

Досвід застосування великих об'ємів закладних робіт в системах розробки рудних покладів підземним способом на Первомайському, Текелійському, Тишинському, Дегтярівському, Гайському рудниках та Запорізькому залізорудному комбінаті підтвердив ефективність і конкурентність з іншими способами.

Запорізький залізорудний комбінат (ЗЗРК) розробляє багаті залізні руди Південно-Білозірського родовища, застосовуючи передові досягнення гірничої та інженерної науки, впроваджуючи самохідну техніку різного виду та призначення. Річний видобуток руди перевершує 4,5 мільйонна тонн.

Рудний поклад представлений трьома мінеральними типами, де в більшості є дисперсно-гематитмартитові та мартитові руди. Середній вміст заліза в масиві складає 62% при 10% кремнезему та незначної кількості домішок сірки та фосфору. Поклад залягає у субмеридіальному напрямі й має круте падіння на схід під кутом 65-70°. Потужність покладу на південному крилі має 115 м, зменшуючись до 10 м в північному напрямку. Коефіцієнт міцності руди за шкалою М.М. Протод'яконова змінюється як і потужність з $f = 2-5$ на півдні та до $f = 4-8$ на півночі за простяганням покладу.

Значний внесок в удосконалення систем розробки рудних родовищ із закладанням і ефективність їх застосування в складних гірничо-геологічних умовах внесли такі вчені, як Агошков М.І., Байкануров О.М., Борисенко С.Г., Бронніков Р.М., Волощенко В.П., Городецький П.І., Замесов М.Ф., Калініченко В.О., Капленко Ю.П., Кравченко В.П., Кузьменко О.М., Лиснісков К.В., Перепелиця В.Г., Пянєнков Ю.І., Репп К.Ю., Хмарський В.В., Хоменко О.Є., Торинський В.М., Требуков А.Л., Фаустов Г.Т., Цигалов М. М., Швидько П.В., Шендріков В. К., Шестяков В. О., Ширін Л.Н. та інші.

Результати цих досліджень дозволили створити нові високопродуктивні технології на гірничодобувних підприємствах при видобутку руди різного походження та якості.

На перехідному етапі від менших параметрів системи розробки до більших розмірів очисної камери за шириною та довжиною конфігурації днища камери є покрівлею для камер нижнього поверху. Поєднання камер другої та третьої черги відпрацювання запасів змінює форму камери на більш складну та збільшує площу відслонених порід і закладного масиву. Це дозволяє скоротити обсяг гірничо-капітальних робіт, але питання щодо стійкості контуру камери потребує вивчення.

При різних способах керування станом порід і зміні форми камери та закладного масиву механізм геомеханічної взаємодії є одним із важливих чинників у формуванні напруженого стану на контурі та в глибині масиву. Але це питання висвітлено в джерелах інформації недостатньо для прийняття технологічних рішень і потребує уточнення для систем розробки з використанням самохідної гірничодобувної техніки.

Сучасне уявлення про механізм зрушення масиву гірських порід у процесі розвитку гірничих робіт найчастіше ґрунтується на фізичних й математичних моделях пружного розподілу напружень в масиві, що оточує очисні камери.

В дисертації розглядався гірничий масив, що вмщував протяжну виробку в формі камери, навколо якої знаходяться відпрацьовані камери й закладені затверділою сумішшю.

Зроблено припущення, що область, яка розглядається, є лінійно-пружною й знаходиться в стані плоскої деформації. Це дозволяє застосувати метод граничних елементів (МГЕ) в його модифікації фіктивних навантажень. Невідомими виступають не реальні зміщення й зусилля, а прикладенні в точці границь області деякі фіктивні навантаження, що визначаються із дискретного аналогу граничних інтегральних рівнянь.

Базовим є рішення задачі про дію зосередженої сили в точці пружного необмеженого середовища, відомого як задачі Кельвіна. Розрахункова схема наведена на рис. 1. Розглядаються дві однорідні пружні ізотропні лінійно-пружні області R_1 і R_2 з пружними сталими ν_1, E_1 і ν_2, E_2 , що характеризують собою рудний поклад і закладний масив. Для підобластей R_1 і R_2 розглядалися окремі крайові задачі, які поєднані умовами неперервності на поверхні контакту в вигляді рівняння дотичних і нормальних напружень:

$$\sigma_s^{[1]} = \sigma_s^{[2]}; \sigma_n^{[1]} = \sigma_n^{[2]} \quad (1)$$

або переміщень

$$u_s^{[1]} = -u_s^{[2]}; u_n^{[1]} = -u_n^{[2]} \quad (2)$$

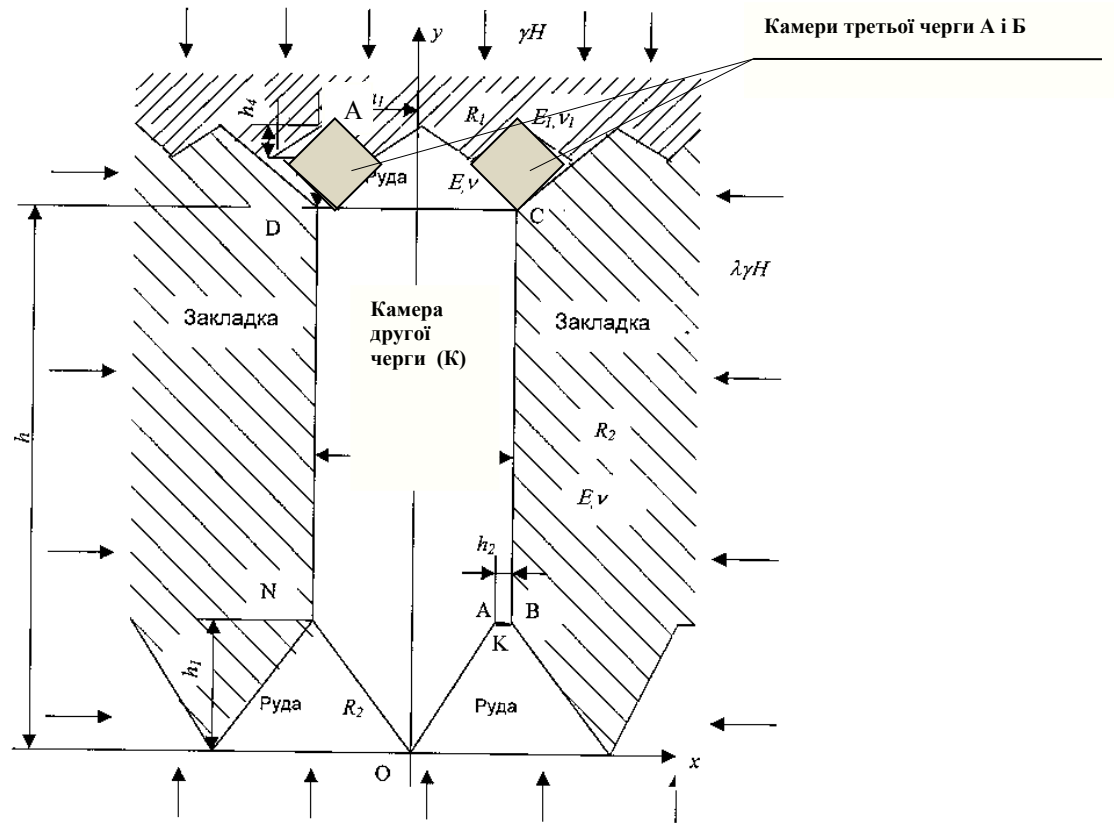


Рис. 1. Розрахункова схема визначення напружень навколо високих камер

Переміщення i -того граничного елемента, спровокованого фіктивними навантаженнями j -го елемента, визначалося згідно з базовим аналітичним рішенням задачі Кельвіна

Дотичні, нормальні та тангенціальні напруження виражаються через фіктивні навантаження й коефіцієнти впливу наступним чином

$$\begin{aligned}
 \sigma_s^i &= P_s^j [-2(1-\nu_k)(\sin 2\gamma \bar{F}_2 - \cos 2\gamma \bar{F}_3) - \bar{y}(\sin 2\gamma \bar{F}_4 + \cos 2\gamma \bar{F}_5)] + \\
 &+ P_n^j [(1-2\gamma_k)(\cos 2\gamma \bar{F}_2 + \sin 2\gamma \bar{F}_3) - \bar{y}(\cos 2\gamma \bar{F}_4 - \sin 2\gamma \bar{F}_5)] = A_{ss}^{ij} P_s^j + A_{sn}^{ij} P_n^j; \\
 \sigma_n^i &= P_s^j [\bar{F}_2 - 2(1-\nu_k)(\cos 2\gamma \bar{F}_2 + \sin 2\gamma \bar{F}_3) - \bar{y}(\cos 2\gamma \bar{F}_4 - \sin 2\gamma \bar{F}_5)] + \\
 &+ P_n^j [\bar{F}_3 - (1-2\nu_k)(\sin 2\gamma \bar{F}_2 - \cos 2\gamma \bar{F}_3) + \bar{y}(\sin 2\gamma \bar{F}_4 + \cos 2\gamma \bar{F}_5)] = A_{ns}^{ij} P_s^j + A_{nn}^{ij} P_n^j; \\
 \sigma_n^i &= P_s^j [\bar{F}_2 + 2(1-\nu_k)(\cos 2\gamma \bar{F}_2 + \sin 2\gamma \bar{F}_3) + \bar{y}(\cos 2\gamma \bar{F}_4 - \sin 2\gamma \bar{F}_5)] + \\
 &+ P_n^j [\bar{F}_3 + (1-2\nu_k)(\sin 2\gamma \bar{F}_2 - \cos 2\gamma \bar{F}_3) - \bar{y}(\sin 2\gamma \bar{F}_4 + \cos 2\gamma \bar{F}_5)] = A_{ts}^{ij} P_s^j + A_{tn}^{ij} P_n^j
 \end{aligned} \quad (3)$$

($k = 1, 2$)

Для оцінки стійкості камери використовується критерій згідно з яким еквівалентні напруження не повинні перевищувати межу допустимих:

$$\max \sigma_{\text{екв}} = \frac{1}{2x} \left\{ \sqrt{(1-x)^2 (\sigma_{xx} + \sigma_{yy})^2 + 4x [(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + 4\tau^2 xy]} - (1-x)(\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) \right\} \leq (\sigma_c) \quad (4)$$

де σ_c - межа міцності руди на стискання; $X = \frac{\sigma_P}{\sigma_c}$

Математичне моделювання напруженого стану масиву виконане для очисної камери другої черги відпрацювання на глибині 480-640 м. Вихідні дані фізико-механічних властивостей руди й закладного масиву бралися з шахтних даних. Коефіцієнт Пуассона змінювався в межах $\nu_2 = 0,11 - 0,33$. Модуль пружності закладки камер першої черги дорівнює модулю пружності руди $E_1 = E$. Зменшення навантаження на камеру за рахунок «екрануючої» дії потужного шару залізистого кварциту враховувалось коефіцієнтом $k = 0,25$. Коефіцієнт бокового розпору $\lambda = 0,5$. Контур камери і межа розділу середовищ з різними фізико-механічними властивостями апроксимувалася 265 елементами. Задача вирішувалася в рамках лінійної теорії пружності із застосуванням принципу суперпозиції.

В результаті моделювання встановлено, що при поєднанні камер другої й третьої черги та зубчатій формі покрівлі, руда й закладний масив знаходяться в пружному стані, зберігають стійкість при експлуатації.

Найбільші значення ізолінії еквівалентних напружень мають на контурі камери 5,4 МПа в покрівлі на відрізках A_1B_1 і A_2B_2 $\left(k_\sigma = \frac{\max \sigma_{\text{екв}}}{\sigma_c} = 0,71 \right)$ та 3,2 МПа в похилій частині днища. За падінням і в глибину закладного масиву напруження затухають. На відстані 5 м від контуру камери коефіцієнт k_σ зменшується до 0,43, а в середині покрівлі до 0,33. У нижній частині боків камери це значення не перевищує 0,51, а в днищі – 0,47.

Встановлено кількісне співвідношення еквівалентних напружень на контурі високої очисної камери складної форми з урахуванням напрямку випуклості в масив чи вироблений простір. Найбільша концентрація еквівалентних напружень (0,71) спостерігається при випуклості контуру в масив, зі зростанням від відслонених площин і наступним монотонним затуханням, а при випуклості в бік виробленого простору, напруження концентруються біля боків камери (рис. 2). На випуклостях контуру очисної камери еквівалентні напруження змінюються за поліноміальною залежністю в глибину масиву, маючи показники у 2 рази більші у боках покрівлі й у 1,5 рази біля днища (рис. 3).

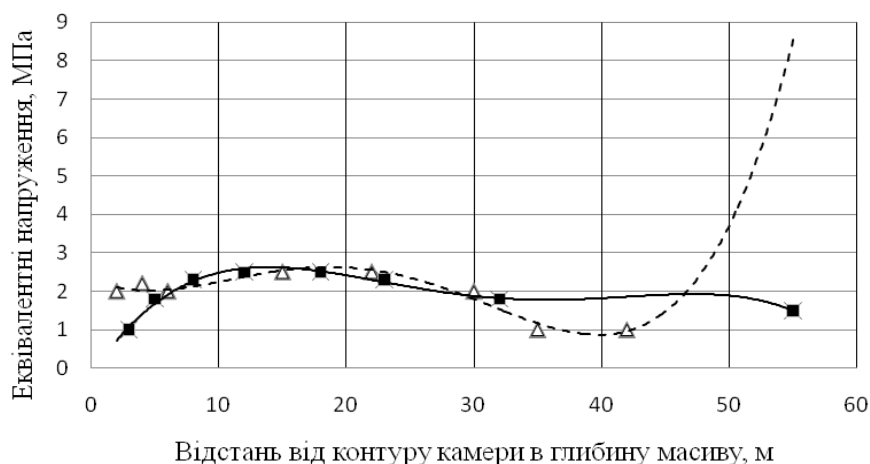


Рис. 2. Залежності зміни еквівалентних напружень на випуклостях камери: — у бік виробленого простору; - - у бік закладного масиву



Рис. 3. Залежності зміни еквівалентних напружень в покрівлі камери: — у бік закладного масиву; - - у бік рудного масиву

Установлено, що в межах одного поверху конфігурація очисної камери впливає на розподіл напружень в масиві більш суттєво, ніж глибина розробки. Коефіцієнт концентрації еквівалентних напружень в 1,5 рази менший у днищі камери, ніж в покрівлі, але знаходиться на 100 м глибше.

Конфігурація покрівлі очисної камери впливає на стійкість масиву. Коефіцієнт концентрації еквівалентних напружень зростає за логарифмічною залежністю від кута, під яким утворюються відслонені поверхні покрівлі (рис. 4).

За результатами моделювання встановлена залежність максимальних еквівалентних напружень в покрівлі камери від глибини розробки й фізико-механічних властивостей закладного масиву

$$\max \sigma_{\text{екв}} = 8,73 \left[\frac{k\gamma H}{(\sigma_c)} \right]^{1,02} (12,9 - \nu_2) \quad (5)$$

де $\frac{k\gamma H}{(\sigma_c)} \in [0,35; 0,53]$, $\nu_2 \in [0,11; 0,33]$.

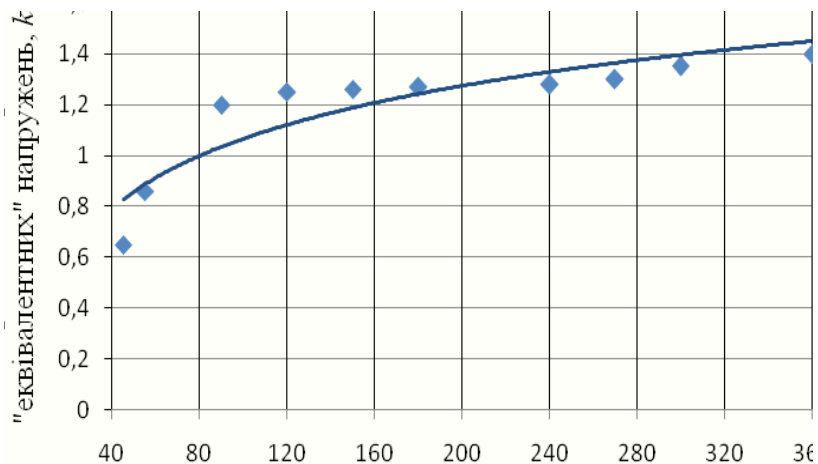


Рис. 4. Залежність коефіцієнту концентрації еквівалентних напружень від кута похилої площини

З виразу (5) слідує, що фізико-механічні властивості гірських порід, руди й закладного масиву не мають суттєвого впливу на величину еквівалентних напружень, порівнено з глибиною розробки, де її величина має більше значення.

Вплив порядку відпрацювання камер за простяганням рудного покладу на напружений стан гірничого масиву досліджений поляризаційно-оптичним методом на двох моделях в стенді на поляризаційній установці ІМАШ-КБ-2 з дотриманням критеріїв подібності та граничних умов. До складу ігданиту входив 20-25% фотожелатину, 30% гліцерину, 45-50% води. Дотримувалася повна історія розвитку очисних і закладних робіт в рудному покладі. Цим враховано непружний механізм процесу формування поля напружень, як необхідна умова дотримання подібності деформування псевдопластичного середовища.

Установлено, що максимальні величини концентрації нормальних (стискуючих) напружень знаходяться на відкатному горизонті 640 м та в залишених міжкамерних рудних ціликах на рівні випускних отворів. В поверсі

480-580 м стискаючі та дотичні напруження не перевищують межі пружності руди в покрівлі камер, що є результатом екрануючого ефекту закладного масиву.

Уточнений механізм захисної дії закладки в розподілі напруженого стану в рудному цілику, що знаходиться між закладеними камерами, який відрізняється тим, що максимальна концентрація нормальних напружень зміщується з покрівлі на рівень випуску руди днища камери. Геометричні розміри та технологічні параметри блоку залежать від порядку відпрацювання запасів в поверсі та закладання камер.

Достовірність отриманих результатів моделювання підтверджене шахтними спостереженнями за вивалами закладного масиву в очисних камерах поверхів 480-580 м і 548-640 м, а також шахтною документацією.

Встановлено, що при відбиванні руди свердловинними зарядами обсяг вивалів залежить від коефіцієнту міцності та тріщинуватості рудного масиву. При значній тріщинуватості, остання є більш впливовою, навіть при достатній міцності руди.

За результатами досліджень запропоновано поєднати на горизонті 465-518 м камери другої й третьої черги (3/15 півд. і 3/17 півд.). Протяжність горизонтальних виробок скоротилась до 5 разів в порівнянні з роздільним вийманням запасів.

Виконані в дисертації дослідження й запропоновані рекомендації щодо технологічних параметрів поєднання камер другої й третьої черги на гор. 465-518 м підтвердили їх ефективність. Отриманий економічний ефект складає 282 тис. грн. на одне поєднання.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеними науковим дослідженням, у якому вирішена актуальна задача встановлення технологічних параметрів високих очисних камер систем розробки рудних запасів з твердіючим закладанням виробленого простру на великих глибинах на основі отриманих нових закономірностей розподілу напруженого стану, що дозволяє визначати стійку площу до відслонення контуру високої камери, не змінюючи властивості міцності закладного масиву, послідовність відпрацювання та закладання в поверсі, а також технологічні параметри, підвищити коефіцієнт вилучення руди та зменшити засмічення рудної маси.

Основні результати дослідження полягають в наступному.

1. Виконаний аналіз гірничотехнічних умов розробки Південно-Білозірського родовища залізних руд і ефективності застосування систем з твердіючим закладанням та шахтні дослідження вивалів руди й закладного масиву в залежності від форми камери та глибини розробки, що дозволило встановити основні впливові чинники.

2. Обґрунтована геомеханічна модель для розрахунку напруженого стану масиву навколо високих очисних камер другої черги відпрацювання запасів з урахуванням коефіцієнту захисної дії потужного й міцного шару кварциту, що залягає в висячому боці рудного покладу.

3. Математичним моделюванням встановлено, що напружений стан масиву залежить від форми камери другої черги відпрацювання та випуклості в масив чи вироблений простір. Найбільша концентрація еквівалентних напружень (0,71) спостерігається при випуклості контору в масив, зі зростанням від відслонених площин і наступним монотонним затуханням, а при випуклості у бік виробленого простору напруження концентруються біля боків камери

4. Зменшення величини еквівалентних напружень відбувається на короткому відрізку в глибину масиву та до вертикальної вісі камери в покрівлі. Поєднання камер другої та третьої черги відпрацювання рудних запасів в поперсі робить верхню частину ширшою за ширину камери й розвантажує закладний масив, що знаходиться збоку.

5. Фізичним моделюванням встановлено, що максимальні величини нормальних напружень приурочені до відкатного горизонту 640 м і міжкамерних рудних ціликів. Область підвищеного гірничого тиску знаходиться на рівні випускних отворів, а в покрівлі камер поверху 480-580 м стискаючі нормальні й дотичні напруження не перевершують межі пружності руди за рахунок захисного ефекту закладки.

6. Встановлено, що геометричні розміри та конфігурація очисної камери другої черги відпрацювання запасів руди та технологічні параметри блоку залежать від порядку відпрацювання запасів в поперсі та закладання камер.

7. Основні закономірності розподілу напружень в масиві навколо високих камер складної форми використані при визначенні технологічних параметрів підготовки та відбиванні руди в камерах другої черги при їх поєднанні з камерами третьої черги, що дозволило скоротити обсяг підготовчих і нарізних виробок і отримати економічний ефект в сумі 282 тис. грн. на одне поєднання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ

1. Усатый В. Ю. Обоснование способа проведения восстающих горных выработок при системах разработки высокими камерами /В.Ю. Усатый, С.Г. Кистрин, В.В. Усатый/ - Дніпропетровськ, Науковий вісник НГАУ – 2001 - № 3 – С. 18-21.

2. Усатый В.Ю. Проходка восстающих горных выработок в условиях ЗАО «Запорожский ЖРК» /В.Ю.Усатый, С.Г. Кистрин, В.Г. Близнюков, А.М. Кузьменко, П.В. Швыдько, В.В.Усатый/ Сборник научных трудов, ГНИГРИ. Кривой Рог - 2001. – С. 64-71.

3. Усатый В.Ю. «Отработка вторичных камер третьей очереди в условиях Запорожского железорудного комбината /В.Ю. Усатый, В.В. Усатый/ Сборник научных трудов ГНИГРИ. Кривой Рог, 2003. – С. 66-73.

4. Усатый В.Ю. Совершенствование камерной системы разработки с закладкой выработанного пространства в условиях Запорожского железорудного комбината. /В.Ю. Усатый, А.И. Фурман, В.В. Усатый/ Науковий вісник НГУ. - 2004. -№2. - С. 7-10.

5. Усатый В.Ю. Устойчивость высоких вторичных камер в окружении разномодульного массива при разработке железорудного месторождения /А.М. Кузьменко, Н.П. Уланова. В.В. Приходько, В.Ю.Усатый, В.В.Усатый/ Межведомственный сборник научных трудов. Институт геотехнической механики ПАН Украины. Вып.48. Днепрпетровск. - 2004 – С. 82-86.

6. Усатый В.Ю. Исследование напряженно-деформированного состояния массива вокруг наклонной поверхности высоких камер с твердеющей закладкой /А.М. Кузьменко, В.Ю. Усатый, В.В. Усатый/ Міжвідомчий збірник наукових праць. Інститут геотехнічної механіки НАН України, вип. 49. Дніропетровськ. 2004. – С. 129-133.

7. V. Usatyy. Perfection of systems of working out of deposits of iron ores of deposits with a hardening bookmark on the big depths / A. Kuz'menko, A. Furman, V. Usatyy./ New Techniques and Technologies in Mining – Bondarenko, Kovalevs'ka& Dychkovs'kyu (end) 2010 Taylor & Francis Group. London, p. 131-136.

8. Усатый В.Ю. Совершенствование камерной системы разработки с закладкой выработанного пространства в условиях Запорожского железорудного комбината /А.И.Фурман, В.Ю.Усатый, А.М. Кузьменко/ Матеріали Українсько-Польського форуму гірників, Дніпропетровськ. НГУ. 2004. – С. 627-633.

9. Усатый В.Ю. Отработка камер с наклонным днищем в условиях Запорожского железорудного комбината в этаже 640-740 м. / В.А. Кулиш, А.И.

Зубко, В.Ю. Усатый / «Форум гірників - 2006». Міжнародна науково-технічна конференція, Дніпропетровськ, РВК НГУ. 2006. – С. 99-105.

10. Усатый В.Ю. Выпуск руды из очистных камер с применением самоходной техники на ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» /А.И. Фурман, А.Н. Зубко, В.Ю. Усатый/ Материалы международной научно-технической конференции «Школа подземной разработки». Днепропетровск, Арт-Пресс. 2007. – С. 113-117.

11. Усатый В.Ю. Выпуск руды из камер с применением самоходной техники на ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» при отработке предохранительного целика /А.И. Фурман, А.Н. Зубко, В.Ю. Усатый/. Материалы международной научно-технической конференции «Школа подземной разработки» Днепропетровск. Арт-Пресс. 2008. – С. 103-108.

12. Усатый В.Ю. Влияние химического состава и молотых фракций на прочность при разработке рудных месторождений./ А.М. Кузьменко, М.В. Петлеваний, В.Ю. Усатый./ Сб. науч. труд. «Проблемы горного дела и экологии горного производства»: Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. (14-15 мая 2009 г., г. Антрацит). – Донецк: Норд-Пресс, 2009. – С. 23-28.

13. Усатый В.Ю. Эффективность применения самоходного оборудования при подземной разработке рудных месторождений/ А.М. Кузьменко, А.И. Фурман, А.Н. Зубко, В.Ю. Усатый/ Сб. науч. праць III Міжнародної наук.-практ. конференції 13-19 жовтня 2009 р. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2009. – С.270-276.

14. Усатый В.Ю. Моделирование устойчивости формы высоких очистных камер при системах разработки железорудных месторождений с твердеющей закладкой / Кузьменко А.М., Фурман А.И, Усатый В.Ю. Сб. науч. праць IV Міжнародної наук.-практ. конференції 12-18 вересня 2010 р. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. – С. 30-38.

Особистий внесок здобувача в роботах , написаних в співавторстві:[2, 4-7, 12-14] – аналіз, ідея, моделювання, методика натурних вимірів та виміри, [1-3, 8-11] – узагальнення досвіду відпрацювання рудних покладів в складних гірничо-геологічних умовах.

АНОТАЦІЯ

Усатый В.Ю. Обгрунтування параметрів камер складної форми другої черги відпрацювання запасів систем розробки з твердіючим закладанням. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 - підземна розробка родовищ корисних копалини. – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної наукової задачі обґрунтування параметрів камер складної форми другої черги відпрацювання запасів систем розробки з твердіючим закладанням з урахуванням напруженого стану конгломерату та порядку відпрацювання рудних запасів. Основна ідея роботи полягає в урахуванні закономірностей розподілу напружень у масиві навколо очисних камер складної форми в системі розробки з твердіючим закладанням виробленого простору. Вибір раціональних технологічних параметрів камер другої черги відпрацювання рудних запасів на Запорізькому залізорудному комбінаті в складних гірничо-геологічних умовах. Моделювання здійснене на фізичних і математичних моделях із застосуванням чисельних методів для декількох десятків варіантів положення елементів високої очисної камери з дотриманням історії розвитку відпрацювання запасів на Півнено-Білозірському родовищі залізних руд. Встановлені закономірності розподілу коефіцієнту концентрації еквівалентних напружень від просторового положення елементів камери, фізико-механічних властивостей масиву конгломерату в покрівлі, послідовності відпрацювання очисних камер у поперсі та за глибиною рудного покладу. Обґрунтовано й реалізовано методичний підхід до вибору технологічних параметрів розміщення підготовчих і нарізних виробок для камер другої черги відпрацювання запасів та їх конфігурації з урахуванням напруженого стану оточуючих порід та механізму захисної дії закладного масиву.

Ключові слова: високі очисні камери, напружений стан, розташування виробок, порядок відпрацювання

АННОТАЦІЯ

Усатый В.Ю. Обоснование параметров камер сложной формы второй очереди отработки запасов систем разработки с твердеющей закладкой. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2011.

В диссертации решена актуальная научная задача по установлению закономерностей распределения напряжений вокруг сложной формы высоких

очистных камер второй очереди отработки рудных запасов в системах разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства.

Установлено, что устойчивость кровли высоких очистных камер зависит от их модулей упругости и коэффициентов крепости. Объединение камер второй и третьей очереди придает камере сложную форму и приводит к исчезновению межэтажного целика, образуя кровлю камеры, сложенную из конгломерата.

Предложена геомеханическая модель расчета напряженного состояния вокруг высокой очистной камеры второй очереди отработки рудных запасов, в которой учитывается разгрузка массива от экранирующего действия прочного слоя кварцита, залегающего висячем боку рудной залежи.

Моделированием устойчивости сложного контура высокой очистной камеры численными методами и на физических моделях установлено, что при зубчатой форме кровли изолинии эквивалентных напряжений имеют наибольшие значения у контура кровли камеры 5,4 МПа и 3,2 МПа в наклонной части днища. На прямолинейной части вертикальной стенки камеры повышенные напряжения отмечены на участках изменения кривизны, примыкающих к потолочине и днище камеры. При прочности закладочного массива 5 МПа, последний имеет запас прочности, равный 2, что достаточно для устойчивости закладки к обнажению. Наибольшая концентрация эквивалентных напряжений наблюдается в кровле на участках A_1B_1 и A_2B_2 . Участки кровли, выходящие за бока камеры, имеют в 2 раза эквивалентные напряжения больше, чем в центральной части потолочины, и в 1,5 раза, чем у днища. На изгибах конфигурации камеры концентрация напряжений одного порядка (2,2-3,2 МПа), а именно, при переходе боков камеры к днищу и на его острие. При выпуклости контура камеры в массив напряжения от контура монотонно затухают с глубиной, а при выпуклости контура в сторону выработанного пространства – концентрируются в боках камеры.

Физико-механические свойства вмещающих пород и закладочного массива не имеют столь существенного влияния на величину эквивалентных напряжений в сравнении с глубиной разработки, значение которой в исходной постановке задачи несравненно больше.

Порядок отработки высоких очистных камер в этаже и по глубине рудной залежи, а также их очередность закладки определяют распределение напряжений в окружающем массиве и формирование опорного давления у днища и кровли камеры. Максимальные величины концентрации нормальных сжимающих напряжений приурочены к откаточному горизонту и оставленным

междукамерным целикам, а область повышенного давления располагается на уровне выпускных отверстий.

Предложенные параметры объединения камер второй и третьей очереди отработки запасов в этаже на гор. 480-640 м на шахте «Эксплуатационная» ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» позволили сократить объем горных выработок для подготовки запасов и получить экономический эффект в 282 тыс. грн на одну камеру.

Ключевые слова: высокие очистные камеры, напряженное состояние, расположение выработок, порядок отработки

ABSTRACT

Usaty V.Y. Parameters substantiation of complex-shape rooms of second-order mining of the reserves with backfill. – Manuscript.

Dissertation for receiving a scientific degree of technical sciences candidate according to specialist 05.15.02 – underground mining of deposits. – State Higher Education Establishment “National Mining University”, Dnipropetrovs’k, 2011.

Dissertation is dedicated to a current scientific task solution of parameters substantiation of complex shape rooms of second-order mining of the reserves with the backfill, taking into account stress state of the conglomerate that forms in the roof during backfilling and consists of ore. The basic idea of the work is in the accounting of the stresses distribution laws in the massif around the complex form of the rooms with the backfilling of the worked-out area and selection of rational technological parameters of the rooms of the second-order mining of ore reserves at the Zaporizhian iron-ore plant in complex mining-geological conditions. Concentration coefficient “equivalent stresses” distribution dependences on spatial position of the room’s elements, physical-mechanical properties of the massive conglomerate in the roof, succession of the rooms mining at the surface and bottom of the ore deposit are established. Based upon the simulation, methodical approach to the technological parameters of development and face workings are substantiated and realized for the second-order-mining rooms and their configurations taking into account stress state of the surrounding rocks and protective action mechanism of the backfill massif.

Key words: tall face rooms, stress state, position of the workings, mining order.

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КАМЕР СКЛАДНОЇ ФОРМИ
ДРУГОЇ ЧЕРГИ ВІДПРАЦЮВАННЯ ЗАПАСІВ СИСТЕМ РОЗРОБКИ З
ТВЕРДЮЧИМ ЗАКЛАДАННЯМ**

(Автореферат)

Підписано до друку 27.01.2011. Формат 60×90/16
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. №

ДВНЗ «Національний гірничий університет»
49000, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19