

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ХОМЕНКО ОЛЕГ ЄВГЕНОВИЧ

УДК 622.831.244

**ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНИХ РУД З ОХОРОННИХ ЦІЛИКІВ**

Спеціальність 05. 15. 02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ).

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор, професор
кафедри підземної розробки родовищ
Національного гірничого університету
Міністерства освіти і науки України
(м. Дніпропетровськ)

КОЛОКОЛОВ
Олег
Васильович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувач
кафедри підземної розробки родовищ корисних
копалин Криворізького технічного університету
Міністерства освіти і науки України

КАПЛЕНКО
Юрій
Петрович

кандидат технічних наук, науковий співробітник,
начальник науково-дослідного відділу
Українського науково-дослідного і
проектно-розвідувального інституту
промислової технології Міністерства
палива та енергетики України (м. Жовті Води)

НЕДЄЛЬСЬКИЙ
Олександр
Григорович

Провідна установа: Інститут геотехнічної механіки Національної академії наук
України, відділ проблем розробки родовищ корисних
копалин на великих глибинах (м. Дніпропетровськ)

Захист відбудеться “ 15 ” січня 2004 р. о 12 годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 у Національному гірничому
університеті Міністерства освіти і науки України (49027, м. Дніпропетровськ,
пр. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного гірничого
університету Міністерства освіти і науки України (49027, м. Дніпропетровськ,
пр. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий “ 15 ” грудня 2003 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент

Тимощук В.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. За останні п'ятнадцять років об'єми гірничо-капітальних робіт у Криворізькому басейні знизились на 90%. Підтримання проектних потужностей шахт в умовах вичерпання розкритих запасів можливе за рахунок залучення запасів руд, що законсервовані у охоронних ціликах. 74% з них вже є розкритими і знаходяться вище фронту очисних робіт шахт. Нині в охоронних ціликах технологічних і народно-господарських об'єктів сконцентровано близько 26% запасів Кривбасу, що складає понад 164 млн. тонн багатих залізних руд.

Запаси залізних руд на шахтах Криворізького басейну видобуваються переважно з застосуванням камерних систем розробки. Більшість дослідників враховували вплив виробленого простору на технологічні параметри камерних систем розробки. Однак, відсутність комплексного дослідження впливу виробленого простору на масив гірських порід не дозволила врахувати нових геотехнологічних умов, які склалися в Кривбасі при видобутку залізних руд з охоронних ціликів.

Параметри камерних систем розробки, які визначають у Криворізькому басейні за інструкціями Державного науково-дослідного гірничорудного інституту, не враховують особливостей поведінки масиву гірських порід при розробці запасів вище фронту очисних робіт шахти. Окрім цього, не створена технологія кріплення підготовчих виробок, параметри якої враховували б вплив виробленого простору шахти.

Таким чином, вибір доцільного способу кріплення підготовчих виробок і визначення параметрів камерних систем розробки без достатнього наукового обґрунтування призводить до підвищення собівартості видобутку руди, зниження безпеки гірничих робіт, а також темпів відробки запасів охоронних ціликів. Таким чином, обґрунтування раціональних параметрів технології видобутку залізних руд з охоронних ціликів Криворізького басейну, які знаходяться під впливом ВП шахт, є необхідною умовою на сучасному етапі функціонування гірничо-металургійного комплексу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Національного гірничого університету відповідно до координаційного плану Міністерства освіти і науки України № 39 за фундаментальним напрямком "Гірничі науки" в 1998-2000 рр. Вона також пов'язана з планом найважливіших держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України на період 1999-2002 рр. згідно теми ГП – 269: "Розробити наукові принципи ведення гірничих робіт в геологічному середовищі з різноманітними геодинамічно напруженими полями", № державної реєстрації 0100U001804.

Мета роботи – обґрунтувати раціональні параметри технології видобутку залізних руд з охоронних ціликів при урахуванні зміни напружено-деформованого стану масиву, зумовленого впливом виробленого простору шахти.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені наступні

задачі:

1. Установити закономірності геомеханічних процесів, які відбуваються у масиві зони розвантаження напружень виробленим простором шахти за допомогою теоретичних, лабораторних і промислових досліджень.

2. Обґрунтувати технологічні параметри проведення підготовчих виробок у ділянках охоронних ціликів, які розвантажені виробленим простором.

3. Обґрунтувати параметри конструктивних елементів камерних систем розробки для розвантажених виробленим простором ділянок охоронних ціликів.

4. Визначити ефективність впровадження технологічних рішень щодо видобутку руди з охоронних ціликів на шахтах Криворізького басейну.

Ідея роботи полягає у встановленні взаємозв'язку між технологічними параметрами камерних систем розробки і напружено-деформованим станом масиву охоронного цілика, який обумовлений виробленим простором шахти.

Об'єктом дослідження є охоронний цілик, який розташовується в масиві зони розвантаження напружень виробленим простором шахти.

Предметом дослідження є технологія видобутку залізних руд із охоронних ціликів.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використаний комплексний метод дослідження, що включає аналіз наукових і проектно-технічних джерел з питань залягання та розробки крутих зближених покладів, а також аналітичне та фізичне моделювання і промислова апробація. Аналітичні дослідження виконані за допомогою термодинамічного методу, лабораторні – методом еквівалентних матеріалів. Результати досліджень були перевірені промисловими експериментами в умовах діючої шахти Кривбасу.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Спосіб кріплення підготовчої виробки у розвантаженої ділянці охоронного цілика залежить від руйнуючої деформації порід покрівлі U і визначається величиною радіальних напружень σ_r , які діють в породах лежачого боку виробленого простору за параболічною залежністю. Закладення підготовчих виробок з урахуванням розвантаженості масиву охоронного цілика дозволяє знизити на 50% витрати на їх спорудження за рахунок вилучення процесу кріплення.

2. Параметри камерних систем розробки, які забезпечують стійкість конструктивних елементів блоку у розвантаженої ділянці охоронного цілика визначаються за коефіцієнтом запасу міцності на розтягування n_p , який залежить від комплексного впливу глибини розповсюдження виробленого простору H за експоненціальною, від кута розповсюдження α за ступеневою і від об'ємної маси порід γ за лінійною залежностями. Удосконалення технології очисних робіт у розвантаженому масиві охоронного цілика дозволяє знизити на 2,5% собівартість видобутку залізної руди за рахунок збільшення розмірів очисних камер.

Наукова новизна результатів.

1. Визначені закономірності зміни напружено-деформованого стану масиву охоронного цілика, розташованого у масиві зони розвантаження

напружень виробленим простором шахти.

2. Визначені закономірності руйнування масиву гірських порід навколо виробленого простору шахти.

3. Вперше розроблена методика визначення траєкторії закладення та способу кріплення підготовчих виробок у охоронному цілику, який розташований в масиві зони розвантаження напружень виробленим простором шахти.

4. Удосконалена методика визначення параметрів камерних систем розробки для розвантажених ділянок охоронних ціликів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджені використанням апробованих методів дослідження, низькою розбіжністю даних аналітичного і фізичного моделювання з результатами промислових досліджень в умовах діючої шахти.

Наукове значення дисертації полягає у встановленні взаємозв'язку між параметрами технології підготовчих і очисних робіт у охоронних ціликах та напружено-деформованим станом масиву зони розвантаження напружень виробленим простором шахти.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблена технологія проведення підготовчих робіт у охоронних ціликах, яка дозволяє враховувати вплив виробленого простору шахти на траєкторію закладення і спосіб кріплення виробок.

2. Удосконалена технологія проведення очисних робіт в охоронних ціликах за рахунок урахування місця розташування очисних блоків у масиві зони розвантаження напружень виробленим простором шахти.

Реалізація результатів досліджень.

1. Методики обґрунтування раціональних параметрів технології очисних і підготовчих робіт впроваджені в технологічні проекти видобутку руди з охоронних ціликів Криворізького басейну.

2. Технології проведення підготовчих і очисних робіт впроваджені на шахті ім. Леніна ВАТ “Криворізький залізорудний комбінат”, що дозволило отримати реальний економічний ефект у розмірі 598,869 тис. грн на рік.

Особистий внесок автора полягає у визначенні напрямку і задач дослідження, розробці методик проведення аналітичного і фізичного моделювання, обробці отриманих результатів і формуванні наукових положень, апробації та впровадженні технологічних рішень в умовах діючої шахти.

Апробація роботи. Матеріали дисертаційної роботи представлені та обговорені на міжнародних наукових конференціях: “Актуальные проблемы современной науки” (11-13 вересня 2001 р., м. Самара, Росія); “Проблеми механіки гірничо-металургійного комплексу” (28-31 травня 2002 р., м. Дніпропетровськ); “Проблеми і перспективи геотехнологій на початку III тисячоліття” (16-19 жовтня 2002 р., м. Дніпропетровськ) і технічних нарадах шахти ім. Леніна ВАТ “Криворізький залізорудний комбінат” (1999-2003 рр.).

Публікації. За результатами виконаних досліджень надруковано 8 робіт; з них 6 статей у фахових виданнях, які затверджені ВАК України, та 2 тези доповідей у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, бібліографії і додатків. При загальному обсязі в 149 сторінок дисертація містить 33 рисунки, 16 таблиць, бібліографію з 95 найменувань на 9 сторінках і 2 додатки на 22 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність обраної теми, сформульовані мета та задачі досліджень, наведені наукові положення, що виносяться на захист, наукове та практичне значення роботи, а також дані щодо впровадження і публікації результатів досліджень.

У першому розділі “Стан питання, мета і задачі дослідження” розглядаються проблеми управління станом масиву гірських порід при видобутку руд камерними системами розробки, які досліджували наукові та інженерно-технічні працівники ряду інститутів та виробничих організацій України, країн ближнього та дальнього зарубіжжя. Суттєвим результатом з оцінки напружено-деформованого стану масиву гірських порід, управління гірським тиском, особливостей проведення гірничих робіт поблизу очисного та виробленого простору приділено достатньо уваги у роботах П.А. Абашина, С.Г. Борисенка, Ю.П. Капленка, В.М. Кучера, В.Ф. Лавриненка, Г.М. Малахова, О.Г. Недельського, І.Д. Рівкіна, Г.Т. Фаустова, М.Б. Федька, В.В. Цариковського та інших.

На основі проведеного аналізу наукових і проектно-технічних джерел встановлено, що параметри конструктивних елементів камерних систем розробки, які визначають у Криворізькому басейні за інструкціями Державного науково-дослідного гірничорудного інституту (м. Кривий Ріг), не враховують можливості видобутку руди вище фронту очисних робіт шахти. Окрім цього, відсутня технологія проведення підготовчих робіт, яка б враховувала вплив виробленого простору (далі ВП) шахти на вибір траєкторії закладення та способу кріплення виробок.

Отже, вибір траєкторії закладення та способу кріплення підготовчих виробок, визначення параметрів конструктивних елементів камерних систем розробки без достатнього наукового обґрунтування впливу виробленого простору сприяє зниженню безпеки гірничих робіт, підвищенню собівартості видобутку руди та зниженню темпів відробки запасів охоронних ціликів. Таким чином, обґрунтування раціональних параметрів технології видобутку залізних руд з охоронних ціликів, які знаходяться під впливом виробленого простору шахти, є актуальною задачею.

У другому розділі “Аналітичне моделювання поведінки масиву охоронного цілика під впливом виробленого простору” розроблена методика та розрахункові схеми аналітичного моделювання геодинамічних процесів у масиві зони розвантаження навколо різнотипних ВП (рис.1).

Дослідження геодинамічних процесів у розвантаженому ВП масиві виконували за поширенням ізоліній радіальних напружень σ_p (рис. 2).

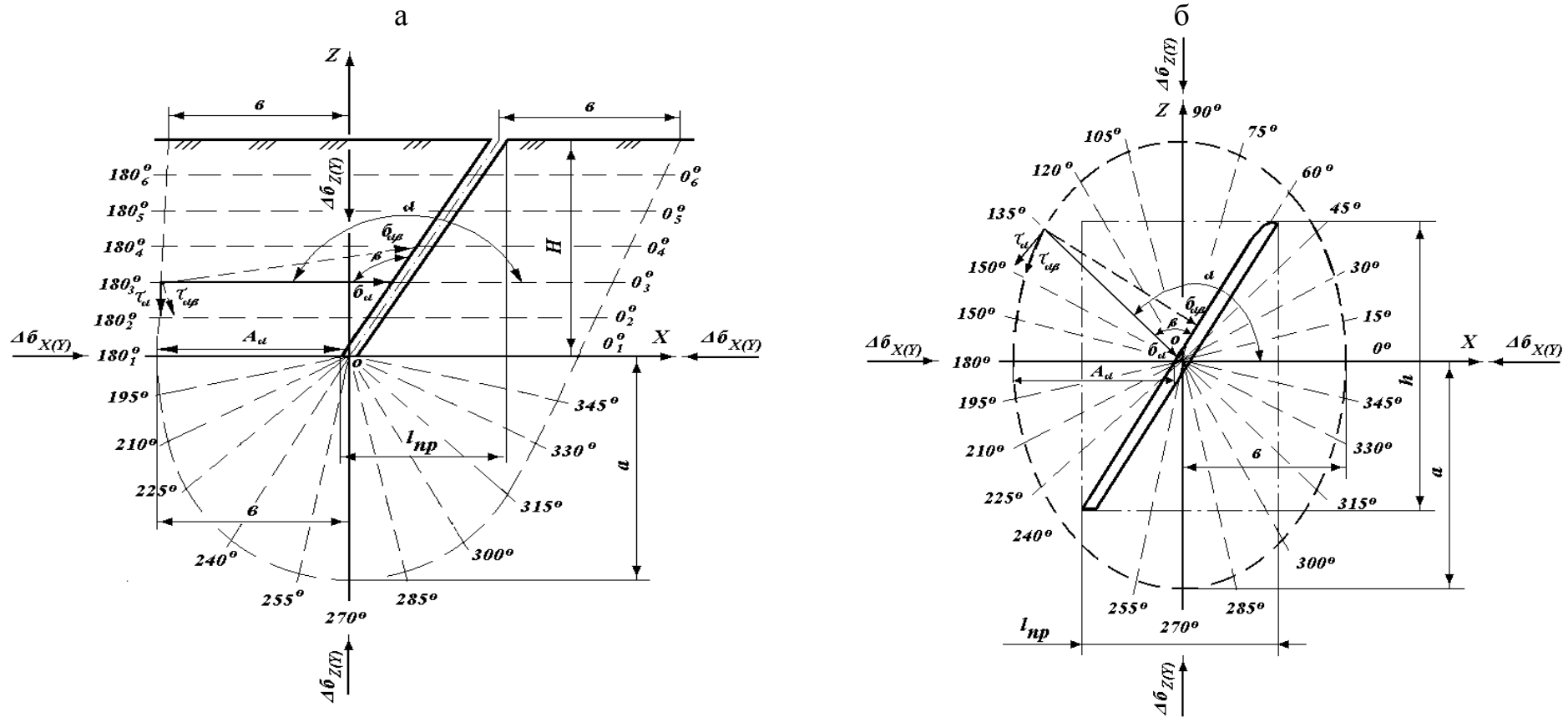


Рис. 1. Розрахункові схеми моделювання масиву гірських порід у зоні розвантаження напружень ВП, який має (а) та не має (б) виходу на земну поверхню: де $\Delta\sigma_{z(y)}$ і $\Delta\sigma_{x(y)}$ – вертикальні та горизонтальні потенційні напруження незайманого масиву порід, МПа; α – кут між розрахунковою площадкою і віссю OX , град.; β – кут між напрямком дії σ_α і дотичною в точці перетинання розрахункової площадки з контуром ВП, град.; x – поточна координата місця точки на розрахунковій площадці, м; A_α – відстань вздовж розрахункової площадки від межі зони розвантаження до контуру ВП, м; h , l_{np} – відповідно, вертикальний та горизонтальний прольоти оголення масиву, м; a – вертикальна піввісь зони розвантаження напружень, яка направлена вздовж осі OZ , м; b – горизонтальна напіввісь зони розвантаження напружень, яка направлена вздовж осі OX , м; σ_α і τ_α – радіальні і тангенціальні напруження у незайманому масиві, МПа; $\sigma_{\alpha\beta}$ і $\tau_{\alpha\beta}$ – радіальні і тангенціальні залишкові потенційні напруження, МПа

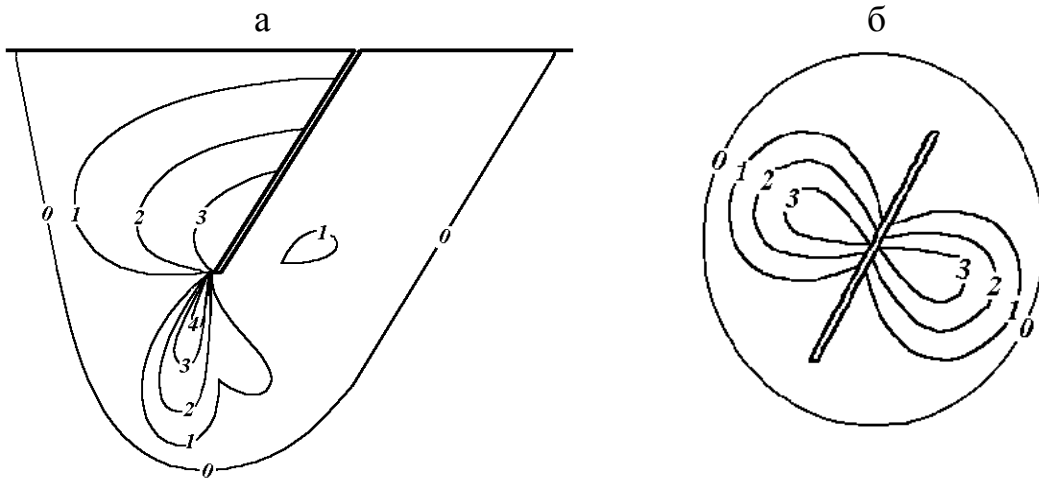


Рис. 2. Ізолінії радіальних напружень σ_r в масиві зони розвантаження ВП, який має (а) і не має (б) виходу на земну поверхню, МПа

Графічні залежності напружень σ_r для основних ділянок концентрації в масиві зони розвантаження ВП і аналітичні залежності багатокількісної апроксимації визначалися за допомогою програми Microsoft Excel 2000 (рис. 3).

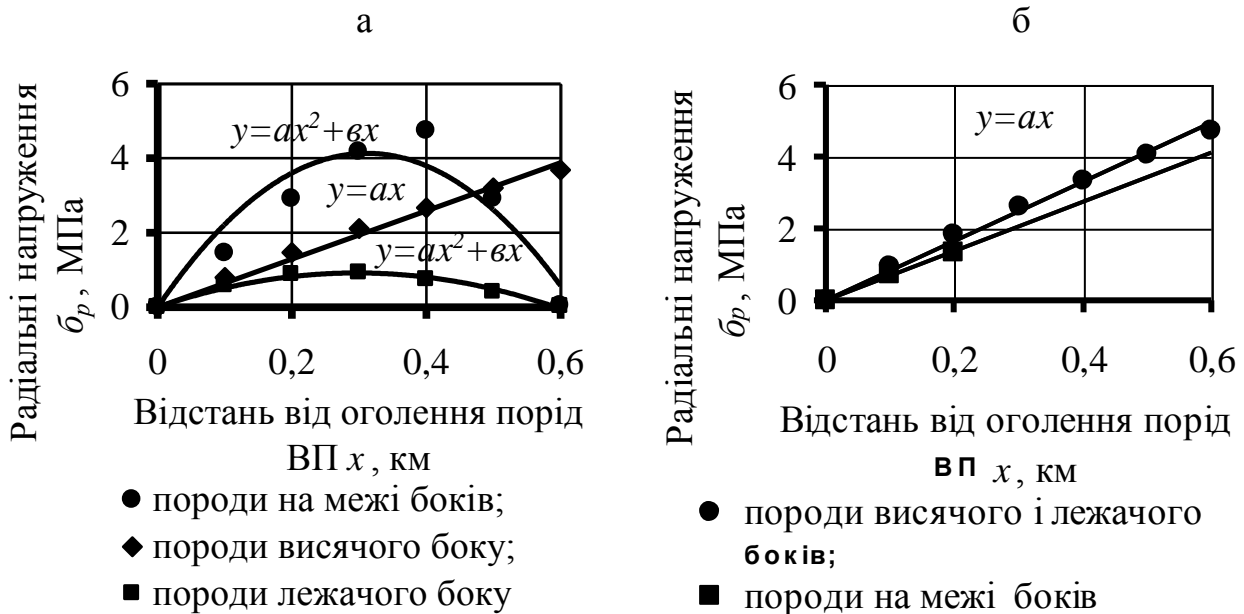


Рис. 3. Радіальні напруження розвантаження σ_r в масиві навколо ВП, який має (а) і не має (б) виходу на земну поверхню

Дослідження поведінки масиву гірських порід охоронного цілика в зоні розвантаження напружень отримали при зміні глибини розповсюдження ВП H від 0 до 1500 м, просторового орієнтування ВП α від 40 до 90° і об'ємної маси порід γ від 0,2 до 0,4 МН/м³. Аналітичні залежності визначені для ділянок концентрації напружень в масиві навколо ВП з метою їх подальшого використання в інженерних розрахунках. Для масиву гірських порід навколо ВП, який має вихід на земну поверхню, залежності зміни напружень мають вигляд:

- ділянка розтягуючих напружень в масиві висячого боку ВП

$$\sigma_p = \frac{(0,037\gamma x - 0,005x)0,112e^{0,002H} 49,46\alpha^{-0,95}}{(-0,000003H_n^2 + 0,004H_n)^{-1}}, \text{ МПа при } R = 89\%, \quad (1)$$

де x – відстань від оголення масиву ВП до місця проведення гірничих робіт, яку досліджено від 0 до 1000 м; H_n – глибина проведення гірничих робіт, яка досліджена від 0 до 1500 м; R – достовірність апроксимації, %.

- ділянка стискаючих напружень у масиві на межі висячого і лежачого боків ВП

$$\sigma_p = \frac{(-0,00005x^2 + 0,033x)(4,9\gamma - 0,715)}{(-0,096e^{0,002H} 1622,8\alpha^{-1,8} K_\beta)^{-1}}, \text{ МПа при } R = 87\%, \quad (2)$$

де K_β – коефіцієнт, який враховує місце проведення гірничих робіт і змінюється в межах 0,75 – 1,25 у залежності від кута дії напруження σ_p відповідно до горизонтальної площини;

- ділянка стискаючих напружень у масиві лежачого боку ВП

$$\sigma_p = \frac{(4\gamma - 0,4)0,134e^{0,002H} 0,168\alpha^{0,468} 0,001H_n}{(-0,00001x^2 + 0,008x)^{-1}}, \text{ МПа при } R = 95\%. \quad (3)$$

Для гірського масиву навколо ВП, який не має виходу на земну поверхню (далі “сліпий” ВП) залежності мають вигляд:

- ділянка стискаючих напружень у масиві висячого та лежачого боків ВП

$$\sigma_p = \frac{(0,042\gamma x - 0,004x)0,124e^{0,002H} 15,07\alpha^{-0,667}}{(-0,0002\beta^2 + 0,05\beta - 2,92)^{-1}}, \text{ МПа при } R = 94\%, \quad (4)$$

де β – кут між напруженням дії σ_p і горизонтальною площиною, який змінюється від 0 до 180°;

- ділянка розтягуючих напружень у масиві на межі висячого і лежачого боків ВП

$$\sigma_p = \frac{0,034\gamma x 0,01e^{0,004H} 0,00004\alpha^{2,484}}{(-0,0006\beta^2 + 0,052\beta - 1,616)^{-1}}, \text{ МПа при } R = 88\%. \quad (5)$$

В залежностях багатокількісної апроксимації передбачається певна похибка, а результати розрахунків мають розбіжність у вихідних даних відповідно до достовірності апроксимації R . Цей факт обумовлює необхідність перевірки отриманих результатів за допомогою фізичного моделювання.

У третьому розділі “Фізичне моделювання деформації масиву охоронного цілика під впливом виробленого простору” розроблена методика фізичного моделювання процесів деформування моделі еквівалентного матеріалу в зоні розвантаження напружень, яка поширена навколо “сліпого” ВП. Методика моделювання включає добір і приготування еквівалентного матеріалу, формування та навантаження моделі і проведення експериментів.

Лабораторні дослідження проведені на спеціальній установці моделювання гірського тиску шляхом інструментальних вимірів величини деформації еквівалентного матеріалу навколо ВП. Для цього у масиві еквівалентного матеріалу утворювали порожнину, яка імітувала ВП. Отримані результати деформації моделі при моделюванні глибини розповсюдження ВП довели, що на 100 Н зовнішнього

навантаження деформація зростає на 20 мм у масиві висячого та лежачого боків. У висячому боці процес деформування поширювався у вигляді відшарування і обвалення – у лежачому боці у вигляді розширення і розтріскування. Залежність величини руйнуючої деформації U від глибини розповсюдження ВП H має вигляд:

$$U = (-0,006R_{сжм} + 0,9)H, \text{ мм при } R = 94\%, \quad (6)$$

де $R_{сжм}$ – тимчасовий опір еквівалентного матеріалу на одноосне стискання, МПа.

Заміри величини деформації масиву при зміні кута розповсюдження ВП показали, що вертикальні деформації перевищують горизонтальні. Утворення в моделі вертикальної порожнини сприяє інтенсивній деформації боків ВП, а при утворенні похилої порожнини деформації розвивались у вертикальній площині. Залежності величини руйнуючої деформації U від кута розповсюдження ВП α мають вигляд:

- масив висячого боку ВП

$$U = 0,43\alpha - 2,3, \text{ мм при } R = 97\%; \quad (7)$$

- масив лежачого боку ВП

$$U = -0,048\alpha + 3,5, \text{ мм при } R = 85\%. \quad (8)$$

Розбіжність величини руйнуючої деформації, яку отримано за допомогою фізичного моделювання, не перевищила 18% при порівнянні її з даними аналітичного моделювання. Порівняння результатів моделювання з даними інших дослідників та результатами виробничої діяльності шахт Криворізького басейну показали високу схожимість отриманих результатів.

У четвертому розділі “Технологія проведення гірничих робіт у охоронних ціликах об’єктів Криворізького басейну” запропоновані технологічні рішення щодо удосконалення проведення підготовчих та очисних робіт у охоронних ціликах та дана економічна оцінка запропонованим заходам.

Визначення траєкторій закладення та способу кріплення підготовчих виробок у охоронних ціликах було здійснено на основі встановлених закономірностей аналітичного моделювання і параметрів спорудження виробок у Криворізькому басейні. Дослідження напружено-деформованого стану порід покрівлі підготовчих виробок дало можливість створити методику визначення технологічних параметрів проведення підготовчих робіт у охоронних ціликах. Загальна методика визначення раціонального типу кріплення підготовчих виробок і перевірки доцільності обраної траєкторії її закладення у масиві лежачого боку ВП складається з наступних етапів:

1. Визначається величина радіального напруження σ_p у розрахунковій точці траєкторії закладення підготовчої виробки з додатковим урахуванням відстані від центра зони розвантаження напружень ВП до її межі за простяганням порід l_n

$$\sigma_p = \frac{(4\gamma - 0,4)0,134e^{0,002H} 0,168\alpha^{0,468} 0,001H_{мв} (0,004l_n + 1)}{(-0,00001x^2 + 0,008x)^{-1}}, \text{ МПа.} \quad (8)$$

2. Визначається коефіцієнт запасу міцності $n_{ен}$ у розрахунковій точці траєкторії закладення підготовчої виробки для розвантаженого масиву охоронного цілика за відомою формулою

$$n_{ен} = \frac{0,13K_{со} \sigma_{сжс}}{\sigma_p}, \quad (9)$$

де K_{co} – коефіцієнт структурного послаблення масиву, який приймають в межах 0,2 – 0,33 у залежності від тріщинуватості гірських порід; $\sigma_{сж}$ – руйнування гірських порід при одноосному стисканні, яку досліджено в межах 40 – 160 МПа.

3. Визначається величина руйнуючої деформації в породах покрівлі U у розрахунковій точці траєкторії закладення підготовчої виробки для розвантаженого масиву охоронного цілика

$$U = \frac{1,75}{\lambda_{не}} - \frac{\sigma_{сж} 0,137e^{-0,0013H} (4,44\gamma - 0,56)}{n_{ен} + 0,6}, \text{ м} \quad (10)$$

де $\lambda_{не}$ – коефіцієнт форми зони розвантаження напружень ВП, який змінюється від 1 до 0,87 в залежності від глибини проведення виробки та стійкості гірських порід.

На рис. 4 представлена графічна залежність величини руйнуючої деформації в породах покрівлі підготовчої виробки U при закладенні її в лежачому боці ВП.

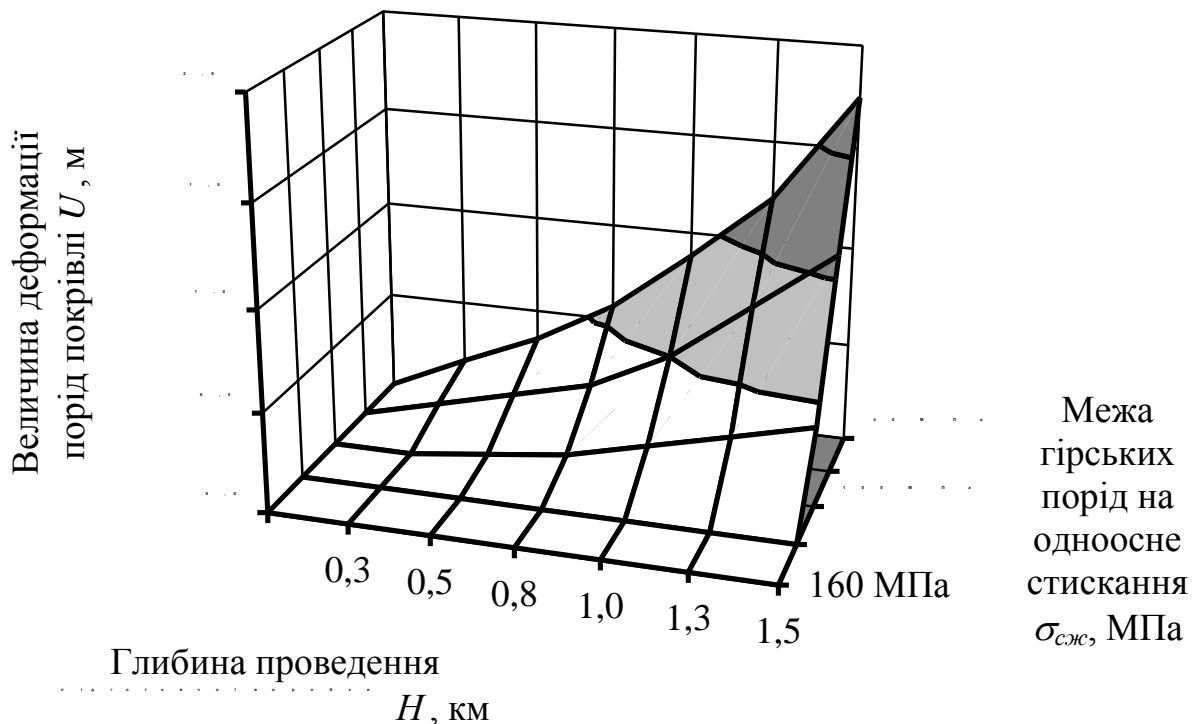


Рис. 4. Величина руйнуючої деформації в породах покрівлі підготовчої виробки у охоронному цілику на шахті ім. Леніна ВАТ „Криворізький залізорудний комбінат”

4. При відсутності руйнуючої деформації визначають коефіцієнт запасу міцності на розтягування n_p в оголенні виробкою порід покрівлі. Це виконується з метою визначення стійкості оголень покрівлі та боків підготовчої виробки.

$$n_{не} = n_{ен} - \left(\frac{\sigma_{сж} 0,137e^{-0,0013H} (4,44\gamma - 0,56)}{x} \right), \quad (11)$$

де x – відстань за нормаллю від оголення масиву ВП до розрахункової точки на траєкторії проведення підготовчої виробки, яка змінюється в межах 100 – 1000 м.

Максимальна величина руйнуючої деформації порід покрівлі при проведенні виробки у розвантаженому масиві охоронного цілика з лежачого боку ВП

змінюється від 0 до 1,75 м. Це говорить про можливість використання всіх видів кріплення, які застосовують у Криворізькому басейні. У не розвантажених ділянках масиву охоронного цілика руйнування порід покрівлі вище у 2,5 рази. Цим пояснюється необґрунтоване застосування на шахтах більш металомістких кріплень. Взаємозв'язок між величиною руйнуючої деформації в покрівлі і кріпленням підготовчих виробок наступний: при $U = 0 - 0,1$ м застосовують набризкобетонне кріплення, при $U = 0,1 - 1,0$ м – анкерне, а при $U > 1,0$ м – аркове.

Результати вибору раціонального типу кріплення довели, що врахування впливу ВП на охоронні цілики дозволяє використовувати аркове кріплення з глибини 1100 м, а не з 610 м, як це поширено на шахтах басейну. Це говорить про можливість ресурсозбереження при проведенні підготовчих виробок у розвантажених ділянках охоронних ціликів на шахтах Кривбасу. Врахування впливу ВП сприяє більш точному розрахунку гірського тиску в охоронних ціликах і дає можливість закладення виробок по новим траєкторіям. Це сприяє вилученню процесу кріплення з технології проведення підготовчих виробок. Так, на шахті ім. Леніна було здійснено закладення одноколійного відкаточного штреку на 90 м в сторону оголення масиву ВП, тобто з лежачого боку розробляемого покладу “8П” у висячий. Таке технологічне рішення підвищило безпеку праці прохідників за рахунок вилучення процесу кріплення, підвищило швидкість проведення підготовчої виробки на 16% і знизило собівартість її спорудження на 50%.

За результатами аналітичного і фізичного моделювання встановлено, що місце проведення гірничих робіт у розвантаженому масиві охоронного цілика визначає рівень його напруженості. В масиві, який розташований вище фронту очисних робіт шахти, зафіксовано як підвищення так і зниження напруженості масиву охоронного цілика. Тобто, проектування і розробка 74% запасів охоронних ціликів потребує застосування офіційно діючих інструкцій з уточненою методикою розрахунку впливу ВП шахти на технологію очисних робіт. Для визначення впливу ВП необхідний перерахунок граничних і еквівалентних прольотів оголення масиву очисною камерою відповідно до зміни коефіцієнта запасу міцності гірських порід n_0 у зоні розвантаження напружень ВП шахти.

Доповнення до існуючої методики по визначенню розмірів конструктивних елементів камерних систем розробки дозволяє врахувати місце проведення очисних робіт у масиві зони розвантаження напружень ВП шахти. Її сутність полягає в наступному:

1. Визначаються коефіцієнти запасу міцності на розтягування n_p у масиві двох рівней очисних робіт ($n_{н}^1, n_{в}^1, n_{г}^1$ і $n_{н}^2, n_{в}^2, n_{г}^2$) для розрахункових точок конструктивних елементів блоку ($x_{н}^1, x_{в}^1, x_{г}^1$ і $x_{н}^2, x_{в}^2, x_{г}^2$) за формулою

$$n^n = \frac{0,043\sigma_{сж}}{0,0001(H_{ен} + H) + 0,36 - (0,63 - 0,002l_n)}, \quad (12)$$

де $H_{ен}$ – глибина розповсюдження ВП шахти, м (рис. 5); H – глибина розташування геометричного центру конструктивного елемента блоку, м; l_n – відстань за нормаллю від осі ВП до центру конструктивного елемента блоку, м.

2. Визначається різниця між коефіцієнтами запасу міцності для двох рівней очисних робіт у розвантаженої ділянці охоронного цілика для центру оголення

порід висячого боку $n_{н.ен}$, горизонтального $n_{г.ен}$ і вертикального $n_{в.ен}$ рудних оголень масиву

$$n_{н.ен} = n_{н}^2 - n_{н}^1, n_{г.ен} = n_{г}^2 - n_{г}^1, n_{в.ен} = n_{в}^2 - n_{в}^1. \quad (13)$$

3. Визначаються задані інструкціями коефіцієнти запасу міцності еквівалентних прольотів для центру оголення очисною камерою порід висячого боку $n_{н}$, вертикального $n_{в}$ і горизонтального $n_{г}$ рудних оголень масиву

$$n_{н} = \frac{l_{н}^{\circ}}{l_{н}}, n_{в} = \frac{m_{в}^{\circ}}{m_{в}}, n_{г} = \frac{m_{г}^{\circ}}{m_{г}}. \quad (14)$$

де $l_{н}^{\circ}$, $m_{в}^{\circ}$, $m_{г}^{\circ}$ і $l_{н}$, $m_{в}$, $m_{г}$ – відповідно, граничні і фактичні значення еквівалентних прольотів оголення масиву порід висячого боку, вертикального і горизонтального рудних оголень очисною камерою, м.

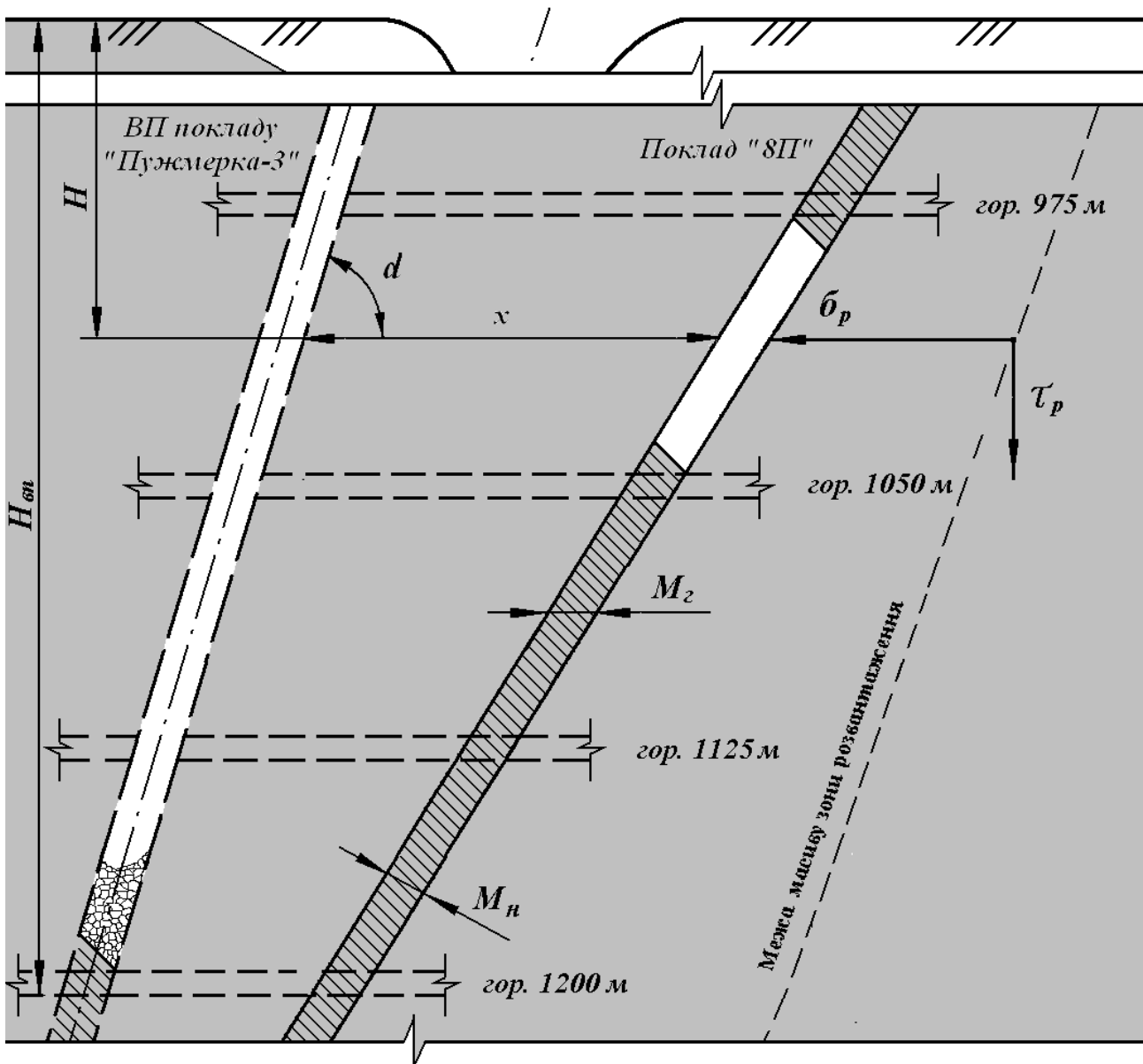


Рис. 5. Розрахункова схема впливу ВІ на параметри очисної камери, яка розташована у розвантаженій ділянці охоронного цілика покладу "Пужмерки-Магнетитова" шахти ім. Леніна ВАТ "Криворізький залізорудний комбінат"

4. Розраховуються граничні розміри еквівалентних оголень масиву порід висячого боку $l_{н.р}^{\circ}$, вертикального $m_{в.р}^{\circ}$ і горизонтального $m_{г.р}^{\circ}$ рудних оголень для очисною камери, яка розташована вище фронту очисних робіт шахти

$$l_{н.р}^{\circ} = l_n^{\circ} n_{н.вн}, m_{в.р}^{\circ} = m_v^{\circ} n_{в.вн}, m_{г.р}^{\circ} = m_g^{\circ} n_{г.вн}, \text{ м.} \quad (15)$$

5. Визначаються фактичні розміри еквівалентних прольотів оголення масиву порід висячого боку $l_{н.р}$, вертикального $m_{в.р}$ і горизонтального $m_{г.р}$ рудних оголень для очисною камери, яка розташована вище фронту очисних робіт шахти

$$l_{н.р} = \frac{l_{н.р}^{\circ}}{n_n}, m_{в.р} = \frac{m_{в.р}^{\circ}}{n_v}, m_{г.р} = \frac{m_{г.р}^{\circ}}{n_g}, \text{ м.} \quad (16)$$

6. По отриманим еквівалентним прольотам розраховують геометричні параметри блоку і перевіряють їх критерієм стійкості згідно з інструкціями Державного науково-дослідного гірничорудного інституту.

Результати розрахунків за допомогою інструкцій довели можливість зміни параметрів очисних блоків. Так, наприклад, у блоці 150 – 159 в поверсі 1050 – 900 м покладу “8П” на шахти ім. Леніна ВАТ “Криворізький залізорудний комбінат” збільшено розмір очисної камери за підняттям порід на 6 м, за простяганням порід на 4 м, а розміри міжкамерних і міжповерхових ціликів зменшено на 4 м.

Коефіцієнт запасу міцності на розтяг n_p , який пов’язаний з радіальними напруженнями σ_p , визначає стійкі розміри оголень руд і порід в очисних камерах. Врахування зміни запасу міцності в масиві дозволяє підвищити розмір очисних камер. Завдяки цьому з блоків покладу “8П” на шахти ім. Леніна видобувають до 17% руди більше, ніж без врахування впливу ВП на технологію очисних робіт.

Економічна ефективність запропонованих технологічних заходів по видобутку руди з охоронних ціликів визначаються в зниженні собівартості підготовчих робіт на 50% і очисних на 2,5%.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-практична задача з обґрунтування раціональних параметрів технології видобутку залізних руд з охоронних ціликів об’єктів Криворізького басейну.

У ході виконання роботи отримані такі результати:

1. Встановлені закономірності геомеханічних процесів, які відбуваються в масиві зони розвантаження напружень виробленим простором шахти за допомогою теоретичних, лабораторних та промислових досліджень.

Встановлено що:

– спосіб кріплення підготовчої виробки у розвантаженій ділянці охоронного цілика залежить від руйнуючої деформації порід покрівлі U і визначається величиною радіальних напружень σ_p , які діють у породах лежачого боку виробленого простору за параболічною залежністю;

– параметри камерних систем розробки, які забезпечують стійкість конструктивних елементів блоку у розвантаженій ділянці охоронного цілика,

визначаються за коефіцієнтом запасу міцності на розтягнення n_p , який залежить від комплексного впливу глибини розповсюдження виробленого простору H за експоненціальною, від кута розповсюдження α за ступеневою і від об'ємної маси порід γ за лінійною залежностями.

2. Обґрунтовані раціональні параметри технології підготовчих і очисних робіт у охоронних ціликах, на які впливає вироблений простір шахти. Урахування зниження гірського тиску виробленим простором у охоронних ціликах об'єктів Криворізького басейну дозволило знизити:

- до 50% витрати на спорудження підготовчих виробок за рахунок вилучення процесу кріплення з технології підготовчих робіт;
- на 2,5% собівартість видобутку руди з охоронних ціликів за рахунок збільшення розмірів очисних камер.

3. Визначена ефективність впровадження технологічних рішень щодо видобутку залізної руди з охоронного цілика на шахті ім. Леніна ВАТ “Криворізький залізорудний комбінат”. Реальний економічний ефект склав 598,869 тис. грн. на рік.

Основні положення і результати дисертації викладені у наступних роботах:

1. Колоколов О.В., Хоменко О.Е., Бондарев В.Б. К обоснованию рациональной отработки законсервированных запасов подземного Кривбасса // Науковий вісник НГА України. – 2001. – № 1. – С. 7-10.

2. Хоменко О.Е. Моделирование выработанных пространств рудников Криворожского бассейна // Науковий вісник НГА України – 2002. – № 3. – С. 54-57.

3. Хоменко О.Е. Аналитическое моделирование влияния выработанного пространства на вмещающий массив // Збірник наукових праць НГА України – 2002. – № 13. – С. 18-21.

4. Хоменко О.Е. Влияние пространственного ориентирования выработанного пространства на напряженность вмещающего массива // Науковий вісник НГА України. – 2002. – № 5. – С. 54-57.

5. Хоменко О.Е. Определение рациональных мест заложения выработок в зоне влияния выработанного пространства шахты // Науковий вісник НГА України. – 2002. – № 6. – С. 19-22.

6. Хоменко О.Є., Кононенко М.М. До обґрунтування технології кріплення нарізних виробок в умовах ЗАТ „Запорізький ЗРК” Науковий вісник НГУ. – 2003. – № 7. – С. 15-17.

7. Хоменко О.Е. Обоснование способов отработки законсервированных запасов на шахтах Кривбасса // Актуальные проблемы современной науки. – 2-я межд. конф. – Самара. – 2001. – С. 71.

8. Хоменко О.Е. Технология отработки руд в зонах влияния выработанного пространства // Проблемы механики горно-металургического комплекса: межд. конф. – Днепропетровск. – 2002. – С. 59.

АНОТАЦІЯ

Хоменко О.Є. “Обґрунтування раціональних параметрів технології видобутку залізних руд з охоронних ціликів”. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – “Підземна розробка родовищ корисних копалин”. Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, 2004 р.

Дисертація присвячена питанням обґрунтування раціональних параметрів технології гірничих робіт в охоронних ціликах для конкретних геотехнічних умов Криворізького басейну. В результаті теоретичних, лабораторних і промислових досліджень запропоновані технологічні особливості для підготовчих і очисних робіт в охоронних ціликах, які враховують вплив виробленого простору шахти. Запропоновані технологічні рішення раціоналізації проведення підготовчих виробок та параметрів конструктивних елементів блоку впроваджені при видобутку залізної руди з охоронного цілика на шахті ім. Леніна ВАТ “КЗРК”. Реальний економічний ефект склав 598,869 тис. грн. на рік.

Ключові слова: зона розвантаження напружень, напружено-деформований стан, деформація, технологія видобутку руди з охоронних ціликів, параметри систем розробки.

АНОТАЦІЯ

Хоменко О.Е. «Обоснование рациональных параметров технологии добычи железных руд из охранных целиков. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». Национальный горный университет, Днепропетровск, 2004 г.

Диссертация посвящена вопросам обоснования рациональных параметров технологии горных работ в охранных целиках для конкретных геотехнических условий Криворожского бассейна. В результате теоретических, лабораторных и промышленных исследований предложены технологические решения для подготовительных и очисных работ в охранных целиках, которые учитывают влияние выработанного пространства шахты.

Аналитическое и физическое моделирование поведения массива охранный целика проводилось при исследовании глубины распространения выработанного пространства, его пространственной ориентировки и различных физико-механических свойствах вмещающих пород. Зависимости изменения напряженности массива охранный целика определялись для основных областей их концентрации в зоне разгрузки напряжений ВП.

Установлено, что способ крепления подготовительной выработки в разгруженной области охранный целика зависит от разрушающей деформации пород кровли U и определяется величиной радиальных напряжений σ_r , которые действуют в породах лежащего бока выработанного пространства по параболической зависимости. Так же установлено, что параметры камерных

систем разработки, обеспечивающие устойчивость конструктивных элементов блока в разгруженной области охранного целика определяются по коэффициенту запаса прочности на растяжение n_p , который зависит от комплексного влияния глубины распространения выработанного пространства H по экспоненциальной, от угла распространения α по степенной и от объемной массы пород γ по линейной зависимостям.

Высокая сходимость теоретических и лабораторных исследований, которая составила порядка 82%, была подтверждена результатами промышленных экспериментов при добыче железной руды из охранного целика на действующей шахте Криворожского бассейна.

Учет снижения горного давления выработанным пространством на охранные целики позволил рационализировать технологию подготовительных работ. Снижение себестоимости сооружения выработок до 50% было обусловлено исключением процесса крепления. Это было достигнуто путем заложения подготовительной выработки по новой траектории. Снижение себестоимости очистных работ на 2,5% получено за счет увеличения размеров очистных камер.

Предложенные технологические решения по рационализации проведения подготовительных выработок и изменения размеров конструктивных элементов блока внедрены при добыче железной руды из охранного целика на шахте им. Ленина ОАО «КЖРК». Реальный экономический эффект составил 598,869 тис. грн. в год.

Ключевые слова: зона разгрузки напряжений, напряженно-деформированное состояние, деформация, технология добычи руды из охранных целиков, параметры систем разработки.

ANNOTATION

Homenko O. «Substantiation of technology rational parameters of iron ores production from protection barriers». – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a specialty 05.15.02 – «Underground development of minerals deposits». National mining university, Dnipropetrovsk, 2004.

The dissertation is devoted to questions of a substantiation of technology rational parameters of iron ores production from protection barriers for concrete conditions of Krivbass. As a result of theoretical, laboratory and industrial researches, the technology of preparatory and extract works in protection barriers is offered. It takes into account influence of the produced space of mine. The offered technological decisions on rationalization of preparatory works and sizes of constructive elements of the block of chamber system of extraction are introduced at production of iron ore from protection barriers on Lenin mine OAC «KIOC». The economic benefit has made 598.869 grn/year.

Key words: a zone of pressure unloading, intense-deformed condition, deformation, technology of production of ore from protection barriers, exploration system parameters.

ХОМЕНКО Олег Євгенович
Обґрунтування раціональних параметрів технології
видобутку залізних руд з охоронних ціликів

(Автореферат)

Підписано до друку 01.11.03 р. Формат 30×42/4
Папір Captain. Ризографія. Умовн. друк. арк. 0,9
Обліково-видавн. арк. 0,9. Тираж 120 прим. Зак. № 1815
Безкоштовно

РВК НГУ
49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19