

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

КОНОНЕНКО МАКСИМ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 622.281.74 (083.75)

**ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КРІПЛЕННЯ
НАРІЗНИХ ВИРОБОК У ЗОНАХ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ КАМЕР
НА ВЕЛИКИХ ГЛИБИНАХ**

Спеціальність 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин

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

Дніпропетровськ – 2009

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, завідувач кафедри підземної розробки родовищ Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

БОНДАРЕНКО
Володимир
Ілліч

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу гірничої аерогазодинаміки Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпропетровськ)

ПЕРЕПЕЛИЦЯ
Валентин
Григорович

кандидат технічних наук, доцент кафедри підземної розробки родовищ корисних копалин Криворізького технічного університету Міністерства освіти і науки України

КАЛІНІЧЕНКО
Всеволод
Олександрович

Захист відбудеться « 20 » березня 2009 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 у Національному гірничому університеті Міністерства освіти і науки України (49000, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (49000, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий « 19 » лютого 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д08.080.03,
кандидат технічних наук, доцент

В.І. Тимошук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Видобування багатих залізних руд на шахтах України здійснюється переважно камерними системами розробки. За допомогою цих систем у ВАТ «Криворізький залізорудний комбінат» видобувають понад 70%, а в ЗАТ «Запорізький залізорудний комбінат» (ЗАО «ЗЗРК») 100% багатих залізних руд. Завдання підвищення темпів експлуатації родовищ найбільш актуальним є для ЗАТ «ЗЗРК», де видобування руди пов'язано з процесом закладання виробленого простору. Збільшення обсягів видобутку та зниження темпів розкриття й підготовки нових горизонтів призводить до порушення раціонального співвідношення між очисними й гірничо-капітальними роботами. З метою вирішення виниклої проблеми в 2001 році Державним підприємством «Науково-дослідний гірничорудний інститут» (м. Кривий Ріг) для ЗАТ «ЗЗРК» був розроблений і впроваджений новий варіант поверхнево-камерної системи розробки із закладкою, що твердіє. Його конструктивною особливістю є наявність у первинних камер високого похилого днища, що примикає до висячого боку покладу. Нова форма первинних очисних камер дозволяє зменшити кількість техніки з доставки в межах блоків на 20% і знизити обсяг проходки нарізних виробок на 16%.

Формування високого похилого днища веде до деоптимізації форм камер та сприяє прояву гірського тиску в прилеглому масиві гірських порід. Нарізні виробки, що проводять у масиві руди похилого днища та вторинної камери, є концентраторами напружень. Це проявляється у вигляді вивалів, відшарування й обвалення руди в бурових ортах очисних блоків на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК». Питаннями розробки покладів за допомогою камерних систем і кріплення виробок займалися С.Г. Борисенко, І.С. Зіцер, В.О. Калініченко, Ю.П. Капленко, О.В. Колоколов, В.Ф. Лавриненко, Є.І. Логачев, В.С. Нігматулін, В.Г. Перепелиця, В.В. Цариковський, Є.П. Чистяков, Г.Т. Фаустов, О.Є. Хоменко та інші. Відсутність достатнього наукового обґрунтування способів кріплення нарізних виробок, що знаходяться в зонах розвантаження очисних камер, сприяє зниженню безпеки гірничих робіт, перевитраті кріпильних матеріалів і, як наслідок, підвищенню собівартості видобутку руди. Таким чином, обґрунтування раціональних параметрів кріплення нарізних виробок поблизу очисних камер має актуальне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі підземної розробки родовищ Національного гірничого університету й пов'язана з найважливішими держбюджетними роботами Міністерства освіти і науки України в період 2002-2008 рр. за темами: ГП-287 «Інтенсифікація ресурсозберігаючих засобів підвищення стійкості гірничих виробок на базі просторової оптимізації геомеханіки взаємодії із зміцненим породним масивом» (№ державної реєстрації 0102U003019); ГП-380 «Геомехані-

чні основи механізованих процесів керування стійкістю підготовчих виробок при безціликовому вийманні вугільних пластів» (№ державної реєстрації 0106U001372); ГП-391 «Наукові основи прогнозу стійкості виробок у дрібношаруватому масиві з урахуванням прогресивних систем розробки» (№ державної реєстрації 0107U000375).

Мета роботи та задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування раціональних параметрів кріплення нарізних виробок із урахуванням зміни напруженого стану масиву поблизу очисних камер.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішення наступних задач:

1. Встановити закономірності зміни напружено-деформованого стану масиву в зонах розвантаження очисними камерами.
2. Встановити закономірності зміни руйнівних деформацій у масиві, навколо очисних камер.
3. Виявити закономірності руйнівних деформацій у покрівлі нарізних виробок з урахуванням впливу напружено-деформованого стану масиву в зонах розвантаження очисними камерами.
4. Розробити методику визначення параметрів комбінованого кріплення нарізних виробок, які враховують ступінь впливу очисного простору.
5. Визначити економічну ефективність впровадження розроблених технологічних рішень кріплення нарізних виробок при видобуванні руди на шахтах ЗАТ «ЗЗРК».

Об'єктом дослідження є параметри технології видобування руди за допомогою камерних систем розробки із закладкою виробленого простору.

Предметом дослідження є закономірності формування зон розвантаження масиву очисними камерами, що обумовлюють параметри кріплення нарізних виробок.

Ідея роботи полягає у використанні ефекту знеміцнення оточуючого масиву порід навколо очисних камер шляхом установа області руйнівних деформацій, що дозволяє визначити раціональні параметри комбінованого кріплення нарізних виробок.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувалися комплексним методом, що включає аналіз умов залягання покладу й відпрацьовування блоків за допомогою камерних систем розробки із закладкою виробленого простору, а також аналітичне і фізичне моделювання та натурні дослідження стану порід навколо очисних камер і нарізних виробок. Аналітичне моделювання виконувалося за допомогою термодинамічного методу, фізичне моделювання – методом еквівалентних матеріалів, а натурні дослідження – методом інструментальних вимірів.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Із віддаленням від сполучень бурових ортів з первинними очисними камерами у бік порід висячого боку, руйнівні деформації зменшуються за кубічними залежностями й досягають мінімальних значень на межі руди та порід висячого боку.

Урахування цих закономірностей дозволяє обґрунтувати раціональну щільність встановлення анкерів, їх довжину та додаткові засоби підтримання. Це забезпечує скорочення витрат на підтримку нарізних виробок до 30%.

2. Зі збільшенням відстані до 40 м від сполучень бурових ортів з первинними очисними камерами у бік порід лежачого боку руйнівні деформації сягають максимальних значень 2 м на межі камер й зменшуються до 0,6 м на межі руди й порід лежачого боку за параболічними залежностями. Урахування цих закономірностей дає змогу визначити раціональні параметри встановлення комбінованого кріплення та забезпечити скорочення витрат на підтримку нарізних виробок, що пройдені у масиві вторинних камер, до 35%.

Наукова новизна отриманих результатів:

- встановлені експонентні залежності зміни радіальних напружень у масиві гірських порід поблизу камер зі збільшенням глибини очисних робіт;
- встановлені лінійні залежності зміни руйнівних деформацій від глибини проведення очисних робіт і об'ємної маси руди та порід;
- встановлені кубічні та параболічні залежності зміни руйнівних деформацій у покрівлі нарізних виробок від відстані до очисних камер і глибини закладання виробок у сторону порід висячого та лежачого боків;
- встановлені коефіцієнти, які визначають координати розташування виробок по висоті похилих днищ камер і глибин їх проведення, що дозволяє удосконалити існуючу методику вибору типу кріплення виробок.

Наукове значення дисертації полягає у встановленні закономірностей величин руйнівних деформацій гірського масиву навколо нарізних виробок, які змінюються за параболічними і кубічними залежностями за відстанню від контурів первинних камер у бік порід лежачого та висячого боків, що дозволило розробити методику визначення параметрів комбінованого кріплення.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується застосуванням апробованих методів досліджень, низькою розбіжністю результатів аналітичного і фізичного моделювання з результатами натурних експериментів в умовах діючої шахти, що не перевищує 8%.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Удосконалена існуюча методика вибору типу кріплення виробок за рахунок введення поправочних коефіцієнтів, які визначають координати розташування виробок по висоті похилих днищ камер і глибин їх проведення;

2. Розроблена методика розрахунку параметрів комбінованого кріплення нарізних виробок у зонах впливу очисних камер, що дозволяє підвищити безпеку праці робітників, а також здійснити ресурсозбереження при кріпленні нарізних виробок;

3. Вдосконалена технологія проведення очисних робіт у вторинних очисних камерах за рахунок урахування зміни напружено-деформованого стану масиву в зонах розвантаження.

Реалізація результатів досліджень. Методика з визначення параметрів комбінованого кріплення нарізних виробок поблизу очисних камер впроваджена на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК», що дозволило отримати економічний ефект у розмірі 193,46 тис. грн.

Особистий внесок автора полягає у визначенні напрямку та задач досліджень, виборі методів і розробці методик проведення аналітичного та фізичного моделювання, обробці отриманих результатів і формулюванні наукових положень, апробації та впровадженні технологічних рішень в умовах виробництва.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях – «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2005, 2006); «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» (Кривий Ріг, 2006); «Школа підземної розробки» (Ялта, АР Крим, 2007).

Публікації. Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи опубліковані в 15 наукових працях, з них 11 статей у фахових виданнях, та 4 тези доповідей у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 99 найменувань і додатків. Загальний обсяг – 136 сторінок, у тому числі 33 рисунки, 13 таблиць і 2 додатки на 9 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність вибраної 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 та задачі дослідження» розглянуті питання освоєння родовищ за допомогою камерних системам розробки та кріплення гірничих виробок, дослідження яких виконувалися науковцями інститутів і проектних організацій, а також інженерно-технічними працівниками гірничорудних підприємств України та ближнього зарубіжжя. Питаннями досліджень напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисного простору камер, керування гірським тиском, кріплення гірничих виробок поблизу проведення очисних робіт присвячені роботи С.Г. Борисенка, І.С. Зіцера, Ю.П. Капленка, О.В. Колоколова, В.О. Калініченка, В.Ф. Лавриненка, Є.І. Логачова, В.С. Нігматуліна, В.Г. Перепелиці В.В. Цариковського, Є.П. Чистякова, Г.Т. Фаустова, О.Є. Хоменка та ін.

Виконаний аналіз наукових-технічних і проектно-конструкторських джерел дозволив установити, що кріплення нарізних виробок для шахт ЗАТ «ЗЗРК» за впровадженою методикою Державного підприємства «Науково-дослідний

гірничорудний інститут» (м. Кривий Ріг) не враховує вплив очисного простору камер на кріплення виробок. Крім цього, відсутні технологічні схеми проведення очисних робіт при відпрацюванні запасів вторинних камер, що враховують вплив первинних камер при відпрацюванні потужних покладів залізних руд.

Так, параметри кріплення нарізних виробок, проведення очисних робіт у вторинних камерах без достатнього наукового обґрунтування впливу очисного простору первинних камер, призводить до зниження безпеки гірничих робіт, руйнуванню кріплення гірничих виробок, підвищенню собівартості видобутку руди та зниженню темпів відпрацювання запасів.

У другому розділі «Дослідження напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисних камер» удосконалена методика та розроблена розрахункова схема дослідження напружено-деформованого стану масиву в зонах розвантаження первинними очисними камерами (рис. 1).

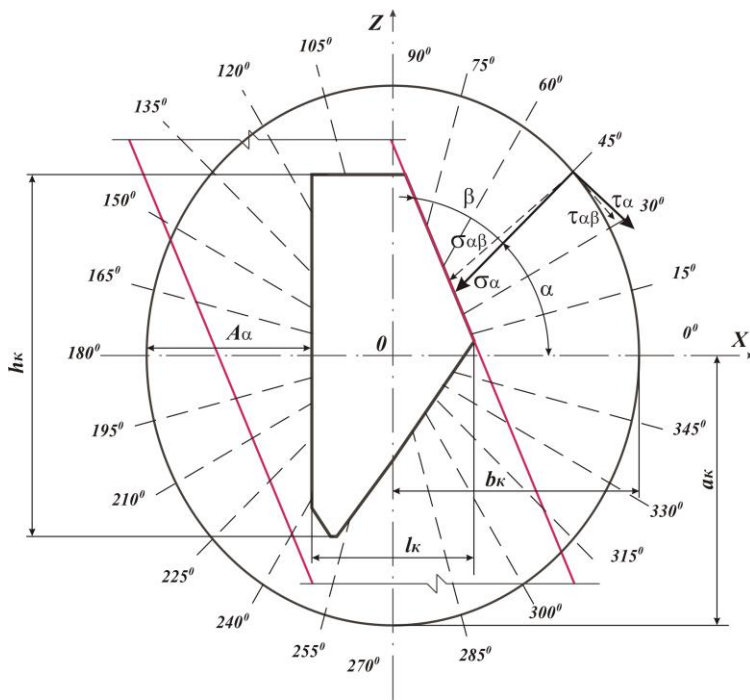


Рис. 1. Розрахункова схема моделювання масиву за допомогою термодинамічного методу в зоні розвантаження очисної камери: α – кут між розрахунковою площиною та віссю OX , град; β – кут між напрямком дії напруження σ_α та дотичною в точці пересічення площинки з контуром камери, град; x – поточна проміжна координата положення точки на площинці, м; A_α – відстань уздовж площинки від межі зони розвантаження до контуру очисної камери, м; h_k – вертикальний проліт відслонення масиву, м; l_k – горизонтальний проліт оголення масиву, м; O – центр очисної камери, початок системи координат XYZ ; a – вертикальна піввісь зони розвантаження, що направлена уздовж вісі OZ , м; b – горизонтальна піввісь зони розвантаження, що направлена уздовж вісі OX , м; σ_α і τ_α – радіальні та тангенціальні напруження в незайманому масиві, МПа; $\sigma_{\alpha\beta}$ і $\tau_{\alpha\beta}$ – радіальні та тангенціальні залишкові потенціальні напруження, МПа.

Дослідження напружено-деформованого стану масиву гірських порід у зонах розвантаження первинних камер виконували за поширенням ізоліній радіальних напружень σ_r . Для дослідження впливу глибини закладання первинних очисних камер, що мають похилі днища з боку висячого боку, були виконані для існуючих та нових горизонтів шахти. Зміна радіальних напружень σ_r у межах зон розвантаження зі збільшенням глибини проведення гірничих робіт наведена на рис. 2, а-в.

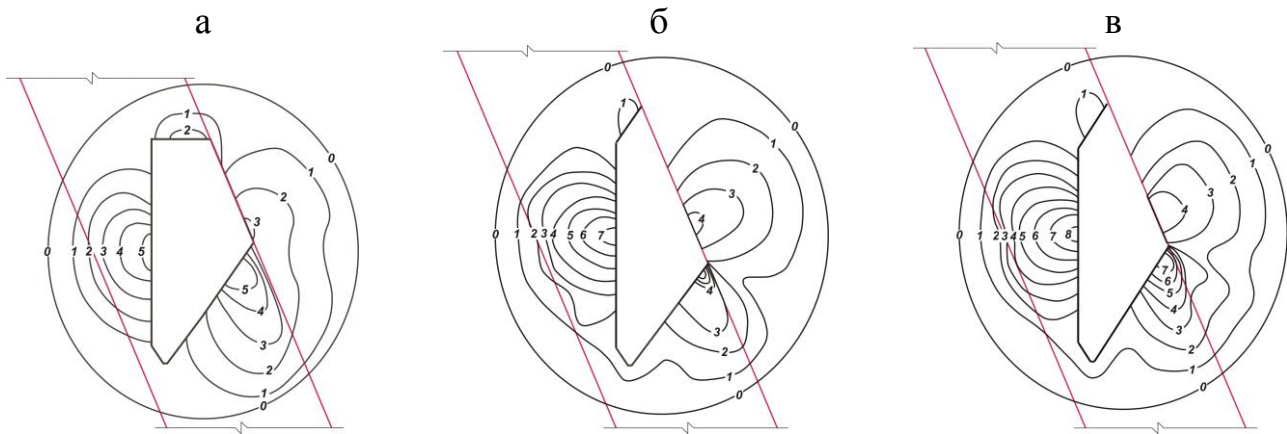


Рис. 2. Ізолінії радіальних напружень σ_p у масиві (МПа), що оточує первинну очисну камеру, при різних глибинах закладання H_k : а – 740 м; б – 840 м; в – 940 м

Графічні залежності напружень σ_p для основних областей концентрацій напружень у масиві зон розвантаження первинними очисними камерами і аналітичні залежності апроксимації визначалися за допомогою програми Microsoft Excel 2000.

Аналітичні залежності визначені для областей концентрації напружень у масиві навколо первинних камер з метою їх подальшого використання в інженерних розрахунках. Для масиву гірських порід навколо камер, залежності зміни напружень зі збільшенням глибини їх закладання мають вигляд:

– максимальні розтягуючі напруження у руді лежачого боку

$$\sigma_p = 1,262e^{0,0021H}, \text{ МПа, при } R = 98\%,$$

де R – вірогідність апроксимації, %;

H – глибина закладання камер, м;

– максимальні розтягуючі напруження у масиві руди похилого днища первинних очисних камер

$$\sigma_p = 1,726e^{0,0016H}, \text{ МПа, при } R = 95\%.$$

Руйнівні деформації діють у місцях, де реальні напруження, що виникають у масивах зон розвантаження, перевищують гранично допустимі на розтяг або зсув. Для виконання досліджень областей впливу глибини закладання, аналізу були піддані первинні очисні камери, що мають однакові геотехнологічні умови розробки та похиле днище зі сторони висячого боку. Зміна величин руйнівних деформацій U_k у межах зон розвантаження зі збільшенням глибини розробки, зображена на рис. 3, а-в.

Аналітичні залежності визначені для руйнівних деформацій навколо первинних очисних камер з метою їх використання в розрахунках. Для масиву гірських порід, що оточують первинні очисні камери, емпіричні залежності мають вигляд:

– величини руйнівних деформацій у руді лежачого боку

$$U_k = 0,0215\gamma H_k - 36,4, \text{ МПа, при } R = 91,5\%,$$

де γ – об'ємна маса порід, т/м³;

H_k – глибина закладання очисних камер, м;

– величина руйнівних деформацій у масиві руди похилого днища первинної очисної камери

$$U_k = 0,009\gamma H_k + 4,6, \text{ МПа, при } R = 94,2\%;$$

– величина руйнівних деформацій у породах висячого боку

$$U_k = 0,54\gamma H_k - 93,73, \text{ МПа, при } R = 92,8\%.$$

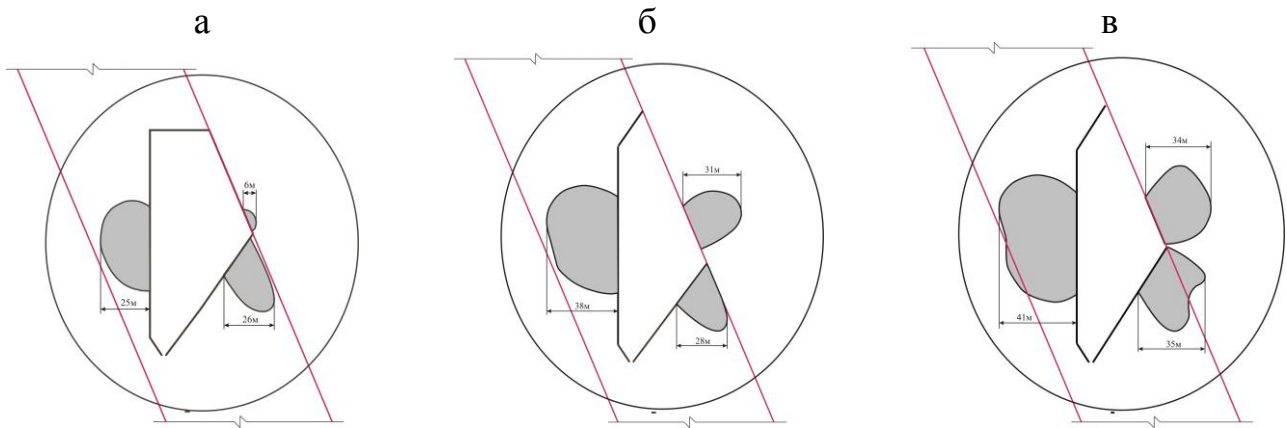


Рис. 3. Области руйнівних деформацій U_k у масиві зон розвантаження первинними очисними камерами при різній глибині їх закладання H_k : а – 740 м; б – 840 м; в – 940 м

З початку проведення очисних робіт у масиві гірських порід, що оточує очисні камери, розвиваються руйнівні деформації, що поширюються як у бік лежачого, так й у бік висячого боків. До області руйнівних деформацій попадають підповерхові нарізні виробки горизонтів 690 й 715 м, що проходять у похилому днищі камер. За отриманими результатами аналітичних досліджень областей руйнівних деформацій у підповерхових бурових ортах горизонтів 690 та 715 м можна встановити наступні залежності (рис. 4, а-в).

Аналітичні дослідження руйнівних деформацій у підповерхових бурових ортах дозволили встановити наступні залежності:

– для масиву руди в покрівлі нарізних виробок горизонту 665 м, зі сторони боку лежачого боку, залежність має вигляд:

$$U = -0,0003 \cdot L^2 - 0,0231 \cdot L + 1,6838, \text{ м, при } R = 99,5\%,$$

де L – відстань від очисної камери у бік порід лежачого боку, м;

– для масиву руди в покрівлі бурових виробок горизонту 690 м, з боку висячого боку, залежність має вид:

$$U = -0,0011 \cdot L^3 + 0,0237 \cdot L^2 - 0,1377 \cdot L + 1,8759, \text{ м, при } R = 91,6\%,$$

де L – відстань від очисних камер у бік порід висячого боку, м;

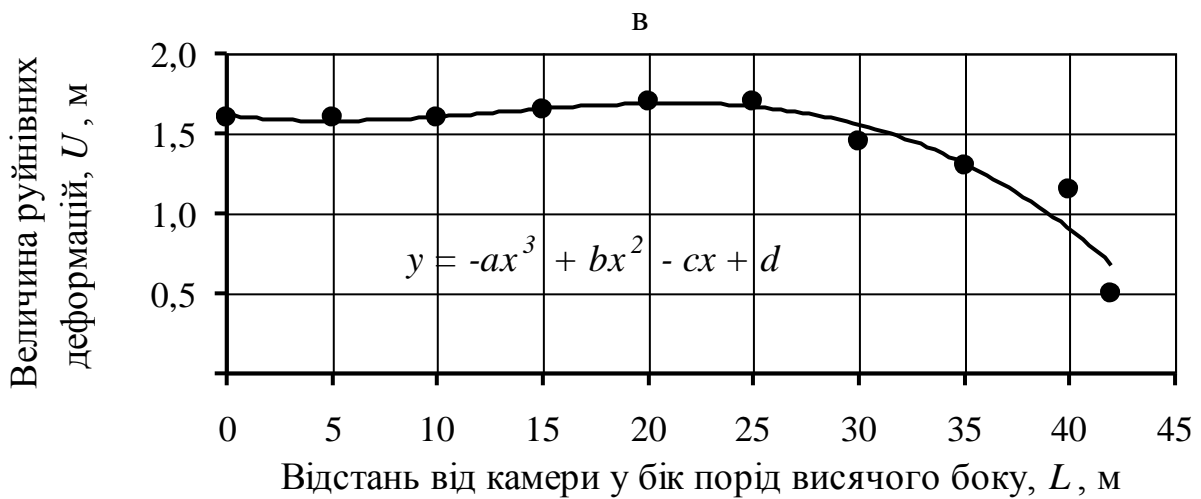
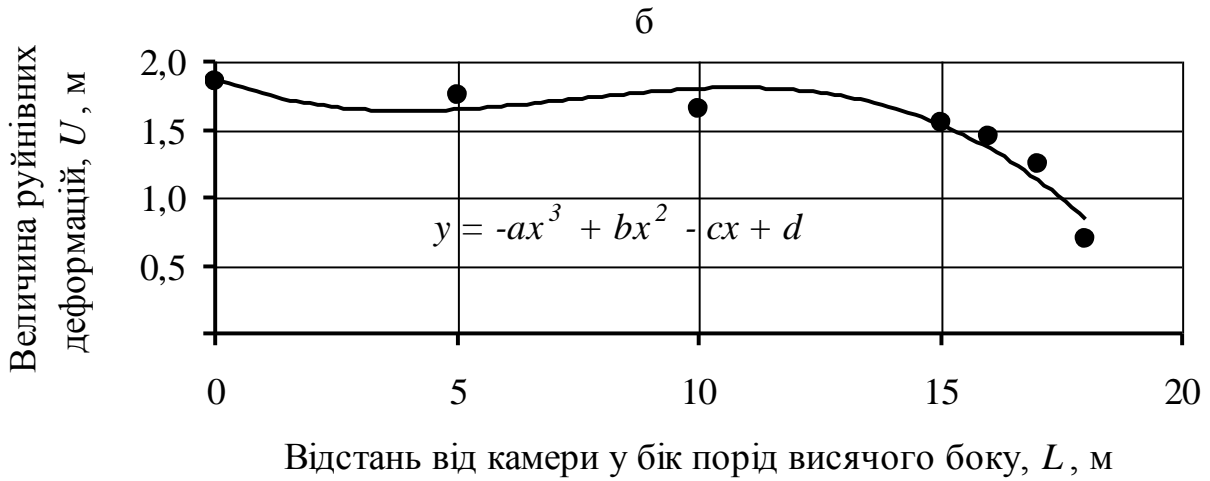
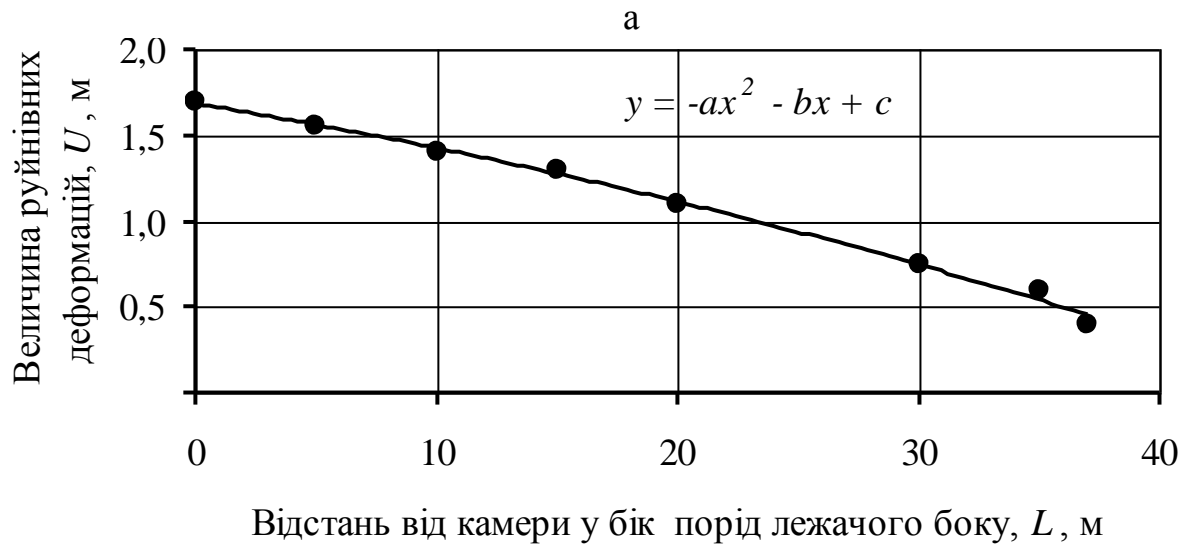


Рис. 4. Область руйнівних деформацій у підповерхових бурових ортах горизонтів: а – 665 м; б – 690 м; в – 715 м

– для масиву руди в покрівлі бурових виробок горизонту 715 м, з боку висячого боку, залежність має вигляд:

$$U = -0,00005 \cdot L^3 + 0,002 \cdot L^2 - 0,016 \cdot L + 1,6141, \text{ м, при } R = 91,3\%.$$

Подальші дослідження дали можливість виявити закономірності зміни величин руйнівних деформацій з урахуванням глибин закладання відкаточних горизонтів та відміток проведення нарізних виробок на підповерхах. Залежність, що визначає області руйнівних деформацій з урахуванням відстані від очисних камер та від підшви виробок відкаточних горизонтів до підшви підповерхів має вигляд:

$$U = -\left(\frac{h_{\partial}}{234}\right)^{4,5} L^3 + \left(\frac{h_{\partial}}{145,7}\right)^{3,6} L^2 - \left(\frac{h_{\partial}}{93,1}\right)^{3,1} L + 0,8h_{\partial}^{0,22}, \text{ м, при } R = 87,7\%, \quad (1)$$

де h_{∂} – відстань від підшви відкаточного горизонту до підшви підповерху, м.

Залежність, що визначає розміри областей руйнівних деформацій у покрівлі бурових ортів з урахуванням відстані від очисних камер і глибин закладання виробок, має вигляд:

$$U = -\left(\frac{H}{72,9}\right)^{-3,77} L^3 + 31,9H^{-1,3} L^2 - 0,7H^{-0,37} L + 0,148H^{0,38}, \text{ м, при } R = 84,7\%, \quad (2)$$

де H – глибина закладання підповерхових виробок, м.

Відповідно до отриманих залежностей (1) і (2) емпіричні рівняння коефіцієнтів K_{∂} і K_z , що враховують відстань від підшви відкаточних горизонтів і підповерхів та глибини закладання підповерхових виробок, мають вигляд:

$$K_{\partial} = 0,348h_{\partial}^{0,2913}, \text{ м, при } R = 99,9\%;$$

$$K_z = 0,0057H^{0,7719}, \text{ м, при } R = 99,9\%.$$

Подальші дослідження дозволили отримати залежність, що визначає розміри областей руйнівних деформацій з урахуванням відстані від очисних камер у бік порід лежачого боку та глибин закладання підповерхових виробок, яка має вигляд:

$$U = -2 \cdot 10^{-9} H^{1,8621} L^2 - 394,73e^{-0,0151H} L + 0,0453H^{0,5572}, \text{ м, при } R = 93\%.$$

Залежності багатократної апроксимації передбачають деяку похибку, тому результати розрахунків мають відхилення в кінцевих результатах згідно вірогідності апроксимації R . Цей факт зумовлює необхідність перевірки отриманих теоретичних досліджень за допомогою фізичного моделювання та натурних експериментів.

У третьому розділі «Фізичне моделювання та натурні дослідження напружено-деформованого стану масиву навколо очисних камер» розроблені методики фізичного моделювання на еквівалентних матеріалах і натурних досліджень за допомогою інструментальних вимірів. Методика фізичного моделювання містила добір і приготування еквівалентних матеріалів, формування та навантаження моделей, проведення експериментів. Лабораторні дослідження

проводилися на спеціальній установці моделювання гірського тиску шляхом інструментального виміру величин деформації матеріалу навколо очисних камер. Для цього в еквівалентному матеріалі утворювали порожнини, що імітували первинні очисні камери в масштабі 1:100 (рис. 5).

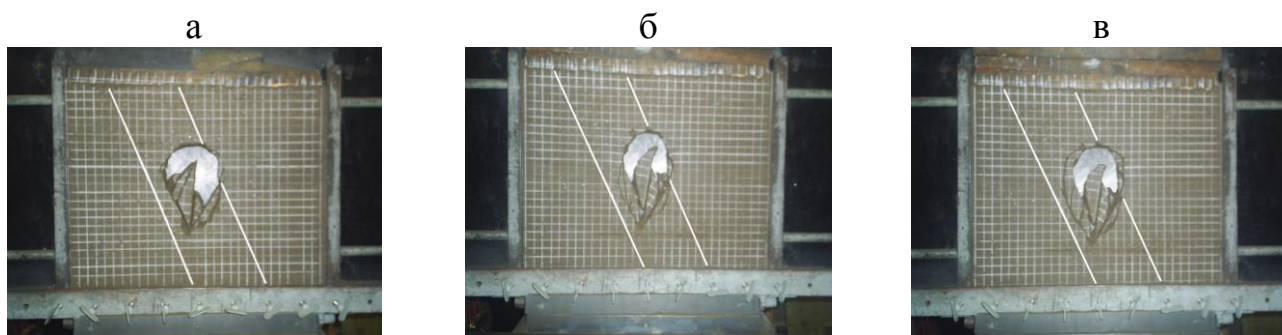


Рис. 5. Характер деформації U_k масиву навколо первинних очисних камер при моделюванні глибини їх закладення H_k : а – 740 м; б – 840 м; в – 940 м

Отримані результати деформування матеріалу моделі при дослідженні глибин закладення камер дозволили встановити, що збільшення глибини на кожні 100 м призводить до деформування масиву моделі у бік висячого боку на 3 мм, лежачого боку – на 3 мм й у похилому днищі – на 1...2 мм. У бік висячого та лежачого боків процес деформування проявлявся у вигляді відшарувань та обвалень, а у похилому днищі камери – у вигляді утворення тріщин. Залежності руйнівних деформацій U_k від глибини закладення очисних камер H_k мають вигляд:

– у бік лежачого боку

$$U_k = 0,03H_k - 0,533, \text{ мм, при } R = 96\%;$$

– в похилому днищі камер

$$U_k = 0,02H_k + 2,867, \text{ мм, при } R = 92,3\%;$$

– у бік висячого боку

$$U_k = 0,03H_k - 8,533, \text{ мм, при } R = 96,4\%.$$

Розбіжність результатів фізичного моделювання й аналітичних досліджень зміни величин деформацій масиву із глибиною не перевищила 7%.

Методика натурних досліджень містила вивчення технічних характеристик і принципу роботи лазерних приладів, таких як, електронна рулетка та електронний тахометр серії GPT-3000, порядок проведення вимірів в умовах відпрацювання очисних камерах та параметри деформування кріплення у підповерхових бурових ортах горизонтів 665, 690 та 715 м поблизу відпрацьованих первинних очисних камер.

Промислові виміри проводилися в умовах шахти «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК» при відпрацьовуванні запасів руди в поверхах 640-740 м та 740-840 м, де за допомогою лазерних приладів вимірювали фактичні розміри первинних очисних камер після завершення очисних робіт. Отримані дані порів-

нювали з проектними розмірами камер. Порівняльний аналіз проектних і фактичних розмірів надав можливість отримати параметри збільшення величин деформацій масиву, що оточує первинні очисні камери, зі зростанням глибини розробки. Натурні дослідження дозволили отримати емпіричні рівняння залежностей величин деформації масиву U_k від глибин закладення очисних камер H_k , що мають вигляд:

– у породах висячого боку

$$U_k = 0,07H_k - 45, \text{ мм, при } R = 99\%;$$

– у руді лежачого боці

$$U_k = 0,0175H_k - 11,033, \text{ мм, при } R = 99,3\%;$$

– у похилому днищі камер

$$U_k = 0,0125H_k - 4,83, \text{ мм, при } R = 98,7\%.$$

Для виміру деформації кріплення в підповерхових бурових ортах горизонтів 665, 690 й 715 м поблизу відпрацьованих первинних очисних камер користувалися вимірювальними лазерними приладами. Промислові виміри величин деформацій масиву руди та кріплення дозволили встановити залежності величин областей руйнівних деформацій у покрівлі бурових виробок на відстані від первинних очисних камер у бік порід лежачого та висячого боків, які мають вигляд:

– горизонту 665 м зі сторони лежачого боку

$$U = -0,0001 \cdot L^2 - 0,0036 \cdot L + 1,4786, \text{ м, при } R = 97,8\%;$$

– горизонту 690 м зі сторони висячого боку

$$U = -0,0005 \cdot L^3 + 0,0087 \cdot L^2 - 0,0476 \cdot L + 1,7057, \text{ м, при } R = 99,7\%;$$

– горизонту 715 м зі сторони висячого боку

$$U = -0,00007 \cdot L^3 + 0,0028 \cdot L^2 - 0,0227 \cdot L + 1,4616, \text{ м, при } R = 99\%.$$

Розбіжність результатів промислових вимірів від фізичного моделювання та теоретичних досліджень зміни величин деформацій масиву із глибиною розробки не перевищила 8%.

У четвертому розділі «Технологія кріплення нарізних виробок у зоні впливу очисних камер» запропоновані технологічні рішення з кріплення бурових виробок і удосконаленню технології очисних робіт у вторинних очисних камерах та надана економічна оцінка запропонованого способу кріплення нарізних виробок, що знаходяться поблизу очисних камер.

Удосконалення методики вибору способу кріплення нарізних виробок, яка розроблена ДП «НДГРІ», здійснювали за допомогою аналізу теоретичних, лабораторних та промислових досліджень, а також отримання коефіцієнтів K_d і K_s , що доповнюють офіційно діючу методику. Використання методики із зазначеними коефіцієнтами дозволяє враховувати ступінь впливу первинних очисних камер на технологічні параметри кріплення нарізних виробок. Доповнена методика вибору типу кріплення виробок базується на визначенні безрозмірного параметру:

$$\eta = \frac{K_k \gamma H}{R_{cm}} \cdot K_\delta \cdot K_\varepsilon,$$

де η – безрозмірний параметр, що характеризує рівень напруженого стану масиву;

K_k – коефіцієнт концентрації напружень, що дорівнює 1...1,6;

γ – приведена об'ємна вага товщі порід, т/м³;

H – глибина закладання виробки, м;

R_{cm} – межа міцності порід, що вміщує виробку, на одноосний стиск, тс/м².

За отриманим рівнем напруженого стану масиву навколо виробки, що враховує вплив очисних камер, визначають тип кріплення бурових ортів.

Дослідження напружено-деформованого стану масиву порід навколо первинних очисних камер і бурових виробок дало змогу створити методику і послідовність визначення параметрів комбінованого кріплення нарізних виробок із урахуванням впливу очисних камер.

1. Визначається величина руйнівних деформацій у покрівлі виробки від первинної камери у бік порід висячого боку

$$U = \frac{k_2 L^2 - k_1 L^3 - k_3 L + 0,8 h_\delta^{0,22} + 0,148 H^{0,38}}{2}, \text{ м,}$$

де h_δ – відстань від підшви відкаточного горизонту до підшви підповерхової виробки, м;

H – глибина закладання підповерхової виробки, м;

L – відстань від очисної камери, м;

$$k_1 = \left(\frac{h_\delta}{234}\right)^{4,5} + \left(\frac{H}{72,9}\right)^{-3,77}; \quad k_2 = \left(\frac{h_\delta}{145,7}\right)^{3,6} + 31,9 H^{-1,3}; \quad k_3 = \left(\frac{h_\delta}{93,1}\right)^{3,1} + 0,7 H^{-0,37}.$$

2. Визначається довжина анкера

$$l_a = U + l_z + l_n, \text{ м,} \quad (3)$$

де l_z – величина заглиблення анкера в стійку зону масиву, що дорівнює 0,3...0,5 м;

l_n – довжина виступаючої зі шпуру частини анкера, яка залежить від його конструкції та товщини опорно-підтримувальних елементів, що дорівнює 0,05...0,2 м;

3. Визначається щільність розміщення анкерів

$$n_a = \frac{P_\varepsilon \cdot U \cdot \gamma \cdot k_n}{P_a}, \text{ шт.,} \quad (4)$$

де γ – об'ємна вага руди або гірських порід у межах зони можливого обвалення, кН/м³;

k_n – коефіцієнт перевантаження, що дорівнює 1,2;

P_a – несуча здатність анкера, кН;

P_e – активний периметр виробки з коробчастим склепінням, м:

$$P_e = 3,18 + 1,33B_{np}, \text{ м}, \quad (5)$$

де B_{np} – ширина підповерхової виробки в проходці, м.

4. Визначається відстань між анкерами

$$a_a = \sqrt{\frac{P_a}{U \cdot \gamma \cdot k_n}}, \text{ м}. \quad (6)$$

5. Визначається необхідна довжина анкера:

$$l_y = l_a \cdot \sin \alpha, \text{ м}, \quad (7)$$

де α – кут падіння покладу, град.

За результатами теоретичних, лабораторних і промислових досліджень встановлено, що первинні камери впливають на кріплення нарізних виробок у бік порід лежачого боку. Це дозволило розробити методику розрахунку параметрів комбінованого кріплення бурових виробок у бік порід лежачого боку. Величина руйнівних деформацій у покрівлі виробок від сполучень первинних камер у бік порід лежачого боку визначається за формулою:

$$U = -L(2 \cdot 10^{-9} H^{1,8621} L + 394,73e^{-0,0151H}) + 0,0453H^{0,5572}, \text{ м},$$

де L – відстань від камери у бік порід лежачого боку, м;

H – глибина закладання виробок, м.

Інші параметри анкерного кріплення виробки визначаються за формулами (3)-(7). Параметри встановлення сітки типу «Рабиця» чи інших підтримувальних засобів реалізуються відповідно до розмірів і форм областей руйнівних деформацій та ступеня тріщинуватості масиву. На підставі отриманих розрахунків визначено параметри кріплення виробки, технологічна схема якої зображена на рис. 6.

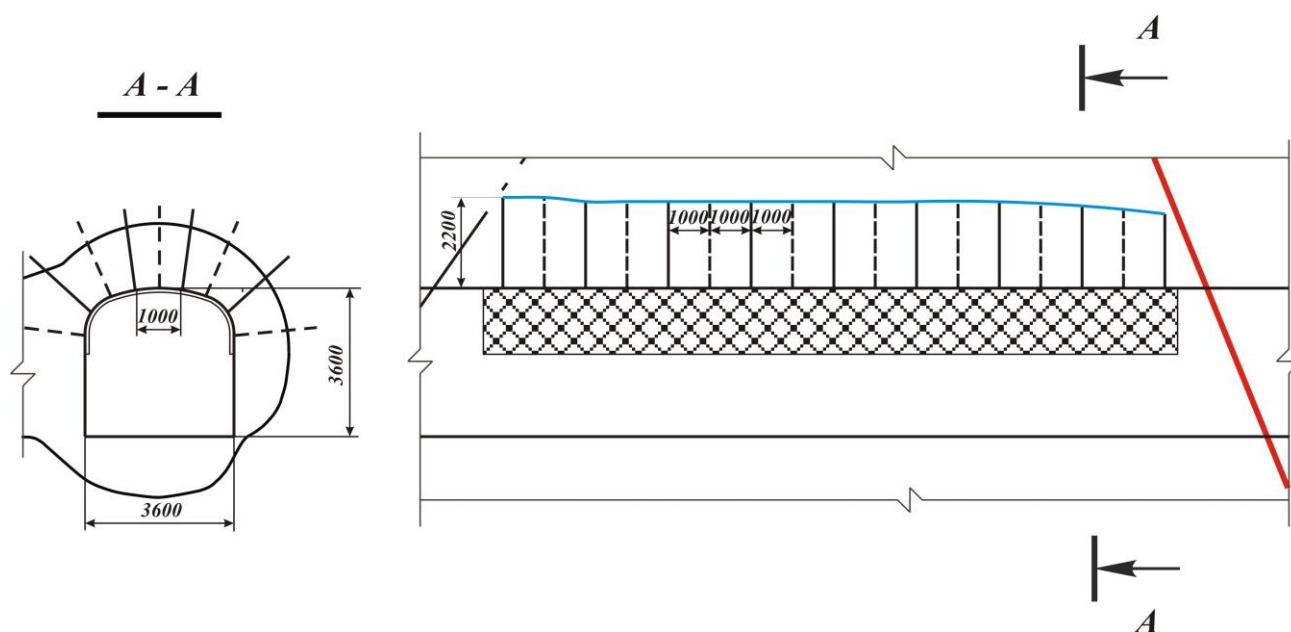


Рис. 6. Технологічна схема комбінованого кріплення нарізної виробки

Окрім основних отриманих науково-практичних результатів встановлені закономірності впливу первинних очисних камер на масив руди, який буде відпрацьовуватися за допомогою вторинних камер, що викликає технологічні ускладнення при розробці цих запасів. Для вдосконалення технології очисних робіт при відпрацьовуванні запасів руди вторинними камерами отримана залежність, що враховує відстань від закладеної первинної камери L та глибини закладання H бурового горизонту. Це дозволяє розрахувати лінію найменшого опору W , з урахуванням напружено-деформованого стану масиву руди і раціонально розташовувати експлуатаційні свердловини у масиві руди вторинних очисних камер

$$W = L(0,0145H - 0,0001e^{0,0037H} L - 35,846e^{-0,0103H} - 4,75), \text{ м, при } R = 97,7\%.$$

Економічна ефективність від застосування запропонованого типу кріплення бурових ортів для трьох підповерхових горизонтів дорівнює близько 193,46 тис. грн. Впровадження раціонального способу кріплення нарізних виробок із урахуванням впливу очисних камер в умовах шахт ЗАТ «ЗЗРК» призведе до зниження собівартості кріплення нарізних виробок до 35%.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі встановлених закономірностей формування руйнівних деформацій у зонах розвантаження масиву очисними камерами вирішена актуальна науково-практична задача з обґрунтування раціональних параметрів кріплення нарізних виробок у зонах розвантаження очисними камерами на великих глибинах.

У ході виконання роботи отримані наступні результати:

1. Встановлені закономірності прояву гірського тиску в зонах розвантаження поблизу очисних камер за допомогою аналітичних досліджень, моделювання на еквівалентних матеріалах і промислових експериментів.

Встановлено що:

– у масиві гірських порід, що оточують очисні камери, зі збільшенням глибини розробки радіальні напруження змінюються за експоненціальними залежностями. Визначення параметрів напружень у масиві дозволяє виявити кількісні показники розвантаження порід і руд поблизу камер;

– області руйнівних деформацій, навколо первинних очисних камер зі збільшенням глибини їх закладання розвиваються у всіх напрямках від камер за лінійними залежностями; визначення величин деформацій, зі збільшенням глибини розробки, дозволяє враховувати вплив первинних камер на кріплення нарізних виробок і технологію ведення очисних робіт у вторинних камерах;

– величини руйнівних деформацій у покрівлі нарізних виробок залежать від відстані до очисних камер, глибин закладання виробок і змінюються у напрямку порід висячого та лежачого боків за кубічною та параболічною залежностями відповідно; урахування цих закономірностей дозволяє визначати пара-

метри анкерного та комбінованого кріплення бурових ортів поблизу очисних камер.

2. Встановлені зміни напружено-деформованого стану масиву гірських порід поблизу очисних камер дають можливість вдосконалити методику вибору типу кріплення нарізних виробок з урахуванням введення поправочних коефіцієнтів K_0 і K_2 , що визначають координати місця розташування виробки з висотою похилого днища камер і глибиною закладання виробки;

3. Обґрунтовані параметри кріплення нарізних виробок у зонах впливу очисних камер з урахуванням виникаючих напружень. Встановлений вплив величини руйнівних деформацій зі збільшенням відстані від камер у бік порід висячого та лежачого боків і глибини закладання виробок. Урахування впливу первинних очисних камер на кріплення нарізних виробок дозволяє підвищити безпеку праці та знизити собівартість кріплення до 35%.

4. Запропоновані рішення з розрахунку параметрів очисної виїмки у вторинних камерах, які враховують зміну величини лінії найменшого опору від меж первинної камери раніше закладеної твердіючою закладкою. Це сприяє зниженню витрат на буріння, заряджання, вторинне подрібнення та дозволяє знизити до 10% собівартість видобутку 1 т руди.

5. Досягнуте підвищення ефективності розробленого способу кріплення бурових ортів при видобуванні руди в поверсі 640-740 м на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК». Економічний ефект від впровадження технологічних рішень склав 193,46 тис. грн на один поверх, що відпрацьовується.

Основні положення і результати дисертації викладені у наступних роботах:

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

2. Кононенко М.Н. Синергетический подход в исследовании производственных процессов при добыче руд подземным способом / О.Е. Хоменко, В.В. Русских, М.В. Нетеча, М.Н. Кононенко, А.А. Долгий // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 7. – С. 3-5.

3. Кононенко М.Н. Моделирование на эквивалентных материалах выработанного пространства рудных шахт / О.Е. Хоменко, В.В. Русских, М.Н. Кононенко // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 8. – С. 23-25.

4. Кононенко М.Н. Прогнозирование удароопасности массива на глубоких горизонтах железорудных шахт / О.Е. Хоменко, В.Н. Яворский, М.Н. Кононенко, В.П. Сердюк // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 11. – С. 9-10.

5. Кононенко М.Н. Крепление подготовительных выработок вблизи выработанного пространства железорудной шахты / О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 3. – С. 5-7.

6. Кононенко М.Н. Технология крепления подготовительных выработок в условиях Южно-Белозерского железорудного месторождения / В.И. Бондаренко, О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 8. – С. 3-6.

7. Кононенко М.М. Огляд світового ринку бурової та навантажувальної техніки для розробки рудних родовищ / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, Д.В. Мальцев // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 12. – С. 5-7.

8. Кононенко М.М. Досвід використання бурового, навантажувального та допоміжного обладнання на рудних шахтах світу / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, О.А. Долгий // Науковий вісник НГУ. – 2006. – № 1. – С. 18-21.

9. Кононенко М.Н. Эффективность учета разгруженности массива в креплении нарезных выработок на шахтах ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» / О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев // Розробка рудних родовищ. – 2006. – № 90. – С. 58-61.

10. Кононенко М.Н. Моделирование влияния очистных камер на устойчивость нарезных выработок с понижением глубины горных работ / М.Н. Кононенко // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 9. – С. 17-19.

11. Кононенко М.Н. Усовершенствование технологии очистных работ во вторичных камерах в условиях Южно-Белозерского месторождения / М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 5. – С. 32-35.

12. Кононенко М.М. Обґрунтування раціональних параметрів технології видобування залізних руд з охоронних ціликів / О.Є. Хоменко, М.М. Кононенко, Д.В. Мальцев // Форум гірників: міжнар. наук.-техн. конф. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2005. – Т. 3. – С. 150-156.

13. Кононенко М.Н. Пути ресурсосбережения при добыче железных и урановых руд в Украине / О.Е. Хоменко, А.Б. Владыко, М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев // Форум гірників: міжнар. наук.-техн. конф. Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2006. – С. 122-124.

14. Кононенко М.Н. Усовершенствование технологии проведения наклонного вспомогательного квершлага по особо крепким породам / В.П. Лазуренко, В.В. Корнющенко, Д.В. Мальцев, М.Н. Кононенко // Школа подземной разработки: междунар. научн.-практ. конф. – Д.: Арт-Пресс. – 2007. – С. 166-171.

15. Кононенко М.Н. Обоснование рациональных параметров технологии буровзрывных работ при добыче железных руд подземным способом / С.А. Зубко, М.Н. Кононенко // Школа подземной разработки: междунар. научн.-практ. конф. – Д.: Арт-Пресс. – 2007. – С. 302-306.

АНОТАЦІЯ

Кононенко М.М. Обґрунтування раціональних параметрів кріплення нарізних виробок у зонах впливу очисних камер на великих глибинах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за

спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин». Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, 2009.

Дисертація присвячена питанням обґрунтування раціональних параметрів кріплення нарізних виробок у зонах впливу очисних камер на великих глибинах для конкретних геотехнічних умов Південно-Білозерського родовища. В результаті теоретичних, лабораторних і промислових досліджень запропоновані технологічні рішення щодо анкерного кріплення нарізних виробок в масиві навколо первинних очисних камер. Запропоновані розрахунки параметрів проведення очисних робіт у вторинних камерах, що враховують вплив очисного простору первинних камер. Наведені технологічні рішення раціоналізації кріплення нарізних виробок, що впроваджені при видобуванні залізної руди на шахті «Експлуатаційна» ЗАТ «ЗЗРК». Економічний ефект склав близько 193,46 тис. грн.

Ключові слова: зона розвантаження масиву, напружено-деформований стан, руйнівні деформації, первинні очисні камери, нарізні виробки, комбіноване кріплення.

АННОТАЦИЯ

Кононенко М.Н. Обоснование рациональных параметров крепления нарезных выработок в зонах влияния очистных камер на больших глубинах. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». Национальный горный университет, Днепропетровск, 2009.

Диссертация посвящена вопросам обоснования рациональных параметров крепления нарезных выработок в зонах влияния очистных камер на больших глубинах для конкретных геотехнических условий Южно-Белозерского месторождения. В результате теоретических, лабораторных и промышленных исследований предложены технологические решения для анкерного крепления нарезных выработок как в сторону висячего и лежащего боков от очистных камер. Предложен расчет параметров ведения очистных работ во вторичных камерах, которые учитывают влияние очистного пространства первичных камер. Аналитическое и физическое моделирование, а также натурные исследования напряженно-деформированного состояния массива горных пород, в окрестности первичных очистных камер, проводились при исследовании глубины заложения камер и различных физико-механических свойствах вмещающих пород. Зависимости изменения разрушающих деформаций вокруг первичных камер определялись в пределах зон разгрузки и для основных областей их концентрации.

Установлено, что параметры анкерного крепления нарезных выработок у наклонного днища очистной камеры зависят от величины разрушающей деформации пород в кровле U и определяются расстоянием от очистной камеры в

сторону пород висячего бока L , расстоянием от почвы откаточного горизонта до почвы подэтажа h_d и глубины заложения выработки H по кубической зависимости. Так же установлено, что параметры анкерного крепления нарезной выработки зависят от величины разрушающей деформации пород в кровле U и определяются расстоянием от очистной камеры в сторону пород лежачего бока L и глубины заложения выработки H по квадратичной зависимости. Предложены параметры выполнения очистных работ во вторичной камере, которые зависят от величины линии наименьшего сопротивления W и определяются расстоянием от заложённой первичной камеры в сторону пород лежачего бока L и глубины заложения выработки H по квадратичной зависимости.

Высокая сходимость теоретических и лабораторных исследований, которая составила порядка 92%, была подтверждена результатами промышленных измерений при добыче железной руды в этажах 640-740 и 740-840 м на шахте «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК». Предложенные технологические решения по рационализации крепления нарезных выработок внедрены при добыче железной руды на шахте «Эксплуатационная» ЗАО «ЗЖРК». Реальный экономический эффект составил более 193,46 тыс. грн.

Ключевые слова: зона разгрузки массива, напряженно-деформированное состояние, разрушающие деформации, первичные очистные камеры, нарезные выработки, комбинированное крепление.

ABSTRACT

Kononenko M. «Substantiating the rational parameters of timbering the face heading in zones affected by cleaning chambers on big depths». – Manuscript.

The dissertation for a scientific degree «Candidate of technical science» on a specialty 05.15.02 – «Underground mining of mineral deposits». National Mining University, Dnipropetrovsk, 2009.

The thesis deals with the problems of substantiating the rational parameters of timbering the face heading in zones affected by cleaning extraction chambers on great depths under geotechnical conditions of Youzhno-Beloziersky deposit.

As a result of theoretical, laboratory and industrial studies the investigations technological solutions for bolting the face heading as aside trailing and lying sides of extraction chambers are offered. The methods to calculate parameters of conducting coal-face works in secondary chambers, which take into account the influence of a working excavation of initial chambers, is offered. The proposed technological solutions to rationalize timbering of face heading are implemented in iron ore mining on the mine «Ekspluatacionay» CJSC «ZOMI». The real economic benefit has made more than 193,46 thousand grn.

Key words: a zone of unloading, stress and strain state, destroying deformations, conducting coal-face works primary cleaning chambers.

КОНОНЕНКО Максим Миколайович

Обґрунтування раціональних параметрів кріплення нарізних
виробок у зонах впливу очисних камер на великих глибинах

(Автореферат)

Підписано до друку 01.02.09 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

49000, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19