

У початковий момент часу $t = 0$ задається розподіл тиску в області фільтрації

$$P(x_i, t) \Big|_{t=0} \Big| P_0. \quad (11)$$

На свердловині задається режим тиску

$$P(x_i, t) \Big|_{x_i} \Big|_{x_i^C} \Big| P_C(t) \quad (12)$$

або темп нагнітання

$$A_{G_c} \frac{k}{\sigma} \frac{\epsilon P(x_i, t)}{\epsilon n} ds \Big| cq(t), \quad (13)$$

де $P_C(t)$ – тиск на свердловині; x_i^C – координати свердловини; G_c – контур свердловини; $q(t)$ – темп нагнітання; c – коефіцієнт, що залежить від розмірності.

На межі області фільтрації задається або тиск, якщо область обмежена свердловинами чи виробками, або умови непроникності на контакті з бічними породами чи на „безкінечності“ (коли обробляється незайманий масив)

$$P(x_i, t) \Big|_{\Gamma} \Big| P_{\Gamma} \quad (14)$$

чи

$$\frac{\epsilon P(x_i, t)}{\epsilon n} \Big|_{\Gamma} \Big| 0, \quad (15)$$

де Γ – межа області фільтрації; P_{Γ} – тиск на межі області.

Таким чином, математична модель процесу формується на основі рівнянь (8)–(10), доповнених крайовими умовами, що обираються з (11)–(15) відповідно до технологічної схеми дії.

Висновки. У роботі обґрунтовано математичну модель і сформульовано задачі дослідження параметрів процесу гідропневмодинамічної дії на вугільні пласти та породні масиви, які вичерпують основні схеми дії. Технологічні схеми з будь-яким розташуванням свердловин будуть частковими випадками розглянутих задач. Подальша робота полягає у виборі математичних методів і розробці алгоритмів розв’язання кожної з розглянутих задач та їх реалізації з використанням комп’ютерних технологій.

Список літератури

1. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М.: Недра, 1979. – 271 с.
2. Механика насыщенных пористых сред /В.Н. Николаевский, К.С. Басниев, А.Т. Горбунов, Г.А. Зотов. – М.: Недра, 1970. – 336 с.
3. Методы математического моделирования гидрогеологических процессов. / Абуталиев Ф.Б. и др. – М.: Недра, 1972. – 285 с.
4. Айруни А.Т. Основы предварительной дегазации угольных пластов на больших глубинах. – М.: Наука, 1970. – 79 с.
5. Павлыш В.Н. Развитие теории и совершенствование технологии процессов воздействия на угольные пласты: Монография. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2005. – 347 с.

Массивы горных пород, вмещающих угольные пласты, являются источником метановыделения, для борьбы с которым внедряется дегазация. С целью интенсификации процесса дегазации применяется способ гидропневматического воздействия. Для теоретических исследований процесса воздействия на массив необходимо разработать математическую модель, что позволит использовать компьютерные технологии моделирования и расчета параметров.

Ключевые слова: дегазация, моделирование, угольные пласты, метановыделение

The rock massifs, that contain coal strata, are the sources of ejecting of mine gas. Its control is provided by extraction of gas. With the aim of intensifying of extraction process hydropneumodynamical action is applied. For theoretical investigations of process of action it is necessary to create mathematical model that allows using computer technology for modeling and calculation of parameters.

Keywords: gas remove, modeling, coal stratum, ejecting of mine gas

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 26.08.10

УДК 622.28

© Кононенко М.М., 2010

М.М. Кононенко

РОЗВИТОК РУЙНІВНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НАВКОЛО ОЧИСНИХ КАМЕР І ЇХ ВПЛИВ НА НАРІЗНІ ВИРОБКИ

М.М. Kononenko

DEVELOPMENT OF DESTROYING DEFORMATIONS ROUND EXTRACTION CAMERAS AND THEIR INFLUENCE ON BREAKOFF

Виконано аналітичні дослідження областей деформації масиву гірських порід навколо первинних очисних камер. Визначено області цих деформацій, які поширюються в масиві руди лежачого боку і в масиві руди висячого боку у похилого днища камер. Виконано дослідження впливу глибини закладення очисних камер на вміщуючий масив гірських порід. Встановлено, що зі збільшенням глибини закладення очисних камер відбувається зростання областей

руйнівних деформацій в масиві гірських порід, що оточують камери. Отримано емпіричні рівняння залежності величини руйнівних деформацій від глибини закладення очисних камер, об'ємної маси руди та порід висячого боку.

Ключові слова: руйнівні деформації, очисна камера, нарізні виробки, глибина закладання, лінійні залежності

Постановка проблеми. Щорічно видобуток залізних руд на шахтах України пов'язаний зі збільшенням глибини гірничих робіт. Підвищення обсягів видобутку, зниження темпів розкриття і підготовки нових горизонтів призводить до порушення раціонального співвідношення між очисними та гірничо-капітальними роботами. У результаті чого знижуються темпи відпрацювання і зменшуються обсяги видобутку руди. Завдання підвищення темпів експлуатації родовищ є найбільш актуальним для закритого акціонерного товариства „Запорізький залізорудний комбінат“ (ЗАТ „ЗЗРК“), де видобуток руди пов'язаний з процесом закладки виробленого простору. Це призвело до розробки та впровадження державним підприємством „Науково-дослідний гірничорудний інститут“ (ДП „НДГРІ“ м. Кривий Ріг) на ЗАТ „ЗЗРК“ нового варіанта поверхово-камерної системи розробки з твердіючою закладкою. Розроблена та впроваджена нова форма камер дозволила знизити обсяг проходки нарізних виробок. Впроваджені нові конструктивні елементи системи розробки призвели до прояву гірського тиску в прилеглих до очисних камер виробках, в яких відбуваються вивалювання, відшарування та обвалення руди.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Для оцінки поширення областей деформацій навколо очисних камер на нарізні виробки виконували вибір аналітичного методу дослідження. Аналіз теоретичних методів дослідження дозволив обрати найбільш доцільний метод – термодинамічний [1], що дає найбільш високу збіжність (85...90%) розрахункових і безпосередньо обмірюваних пружних деформацій. Виконаний раніше аналіз результатів аналітичного моделювання поведінки масиву руди навколо бурових ортів поблизу первинних очисних камер [2] пока-

зав, що зі зниженням глибини очисних робіт істотно зростає вплив камер на кріплення нарізних виробок.

Постановка завдання. Метою досліджень є вивчення характеру утворення руйнівних деформацій у масиві гірських порід, який оточує первинні очисні камери, зі збільшенням глибини гірничих робіт. Основними завданнями аналітичного моделювання стали: дослідження областей руйнівних деформацій навколо первинних очисних камер; дослідження впливу глибини закладення первинних очисних камер на масив гірських порід; виявлення закономірностей зміни руйнівних деформацій масиву навколо очисних камер.

Основна частина. Фізико-механічні властивості руд і порід, що вміщують очисні камери, представлені в досить широких межах. Міцність руд коливається від 30 до 120 МПа, а вміщуючих порід – від 40 до 180 МПа. Об'ємна маса руд змінюється від 0,39 до 0,4 МН/м³, а вміщуючих порід – від 0,21 до 0,29 МН/м³. Міцність гірських порід істотно впливає на деформацію вміщуючого очисну камеру масиву. Руйнівна деформація відбувається в місцях, де реальні напруги, що виникають у масиві зони розвантаження, перевищують гранично допустимі на розтяг або зсув. Як приклад можна розглянути формування областей руйнівних деформацій масиву, що оточують очисні камери поверху 640...740 м (рис. 1).

На рис. 1 наочно видно, що області деформації очисної камери набувають витягнуту форму, що нагадує еліпс; у рудному масиві похилого днища камер у бік порід висячого боку і в рудному масиві у бік порід лежачого боку переважають розтягувальні напруги. Інтенсивне руйнування масиву в області зниженого гірського тиску відбувається за умови потрапляння в них нарізних виробок, пройдених по руді.

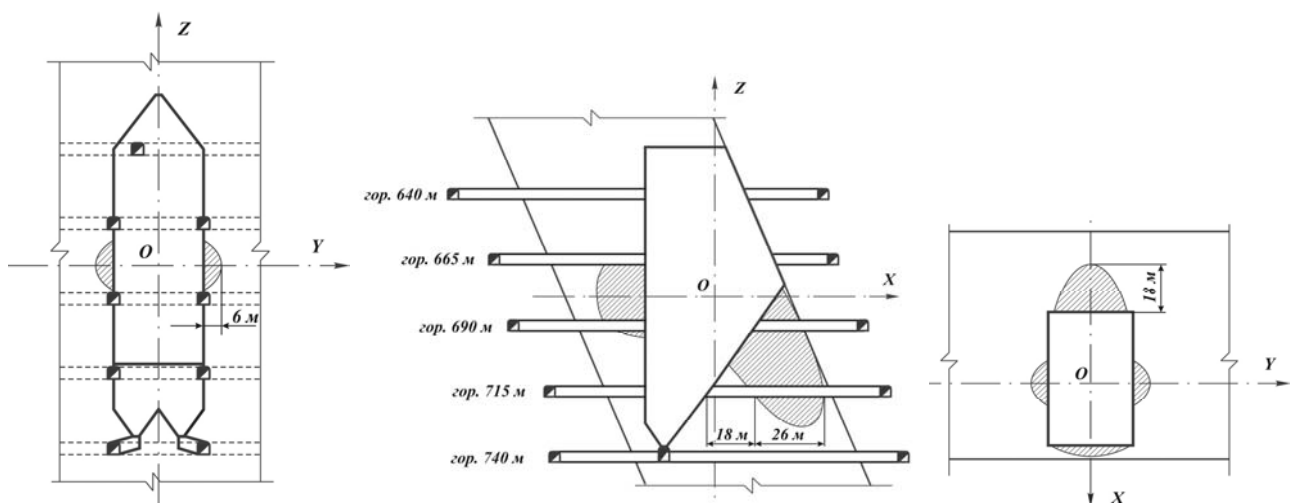


Рис. 1. Области руйнівних деформацій в зоні розвантаження

Області руйнівних деформацій в масиві, що оточує очисну камеру, поширюються на нарізні виробки

горизонтів 690 та 715 м у бік порід висячого боку похилого днища камери, а також на виробки горизонтів

665 і 690 м у бік порід лежачого боку. На горизонті 690 м зі сторони висячого боку, в рудному масиві похилого днища очисних камер, область руйнівних деформацій поширюється від очисної камери до порід висячого боку і досягає відстані 18...20 м. В область руйнівних деформацій очисних камер потрапляють два бурових орта горизонту 690 м. На горизонті 715 м в рудному масиві похилого днища камер, зі сторони висячого боку, область руйнівних деформацій бере початок з 14...18 м від очисного простору камер і поширюється до 26 м, на відстані 40...44 м від очисних камер область руйнівних деформацій закінчується. В область деформації очисних камер потрапляють два бурових орта горизонту 715 м. З торця очисних камер, зі сторони лежачого боку область руйнівних деформацій поширюється на відстань 14...16 м від відслонення масиву. В область руйнів-

них деформацій очисних камер потрапляють бурові орти горизонтів 665 і 690 м.

При визначенні характеру зміни величини деформацій навколо первинної очисної камери в області зони розвантаження аналітичне моделювання впливу камер робили для глибини розробки 740...940 м. Для виконання досліджень впливу глибини закладення аналізу були піддані первинні очисні камери, що мають однакові геотехнологічні умови розробки і похиле днище у напрямку висячого боку. Зі збільшенням глибини закладення очисної камери відбувається зростання області руйнівних деформацій у масиві гірських порід, що оточують камеру. Зміну величини руйнівних деформацій в межах області зони розвантаження зі збільшенням глибини розробки наведено на рис. 2.

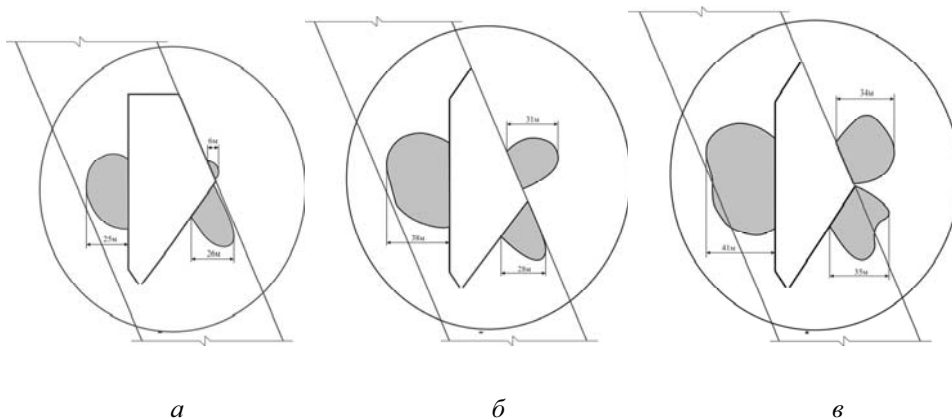


Рис. 2. Области руйнівних деформацій U_k в масиві, що оточує первинні очисні камери, при різній глибині закладення H_k : 740 м (а); 840 м (б); 940 м (в)

Область руйнівних деформацій розташована в масиві порід висячого боку. При збільшенні глибини закладення очисних камер її розміри збільшуються з 4 до 31 м, площа зони деформації зростає у 8 разів. Форма цієї області еліпсоїдна, яка збільшується в масштабі. Область руйнівних деформацій розташована в масиві руди лежачого боку. При зростанні глибини закладення очисних камер її розміри збільшуються з 25 до 42 м, площа зони деформації збільшується у 1,7 разу, що складає близько 70%. Форма цієї області еліпсоїдна, яка збільшується в масштабі. Область руйнівних деформацій розташована в масиві руди висячого боку у похилого днища первинних камер. При збільшенні глибини закладення очисних камер їх розміри збільшуються з 31 до 38 м. Площа зони деформації зростає у 1,2–1,3 разу, що складає близько 20...30%. Форма цієї області – еліпсоїдна, але зі збільшенням глибини вона набуває форму еліпса, який увігнутий у верхній частині. Вона захоплює породи висячого боку і збільшується в масштабі.

Загальну картину збільшення величини руйнівних деформацій в масиві гірських порід у межах зони розвантаження зі зростанням глибини закладення первинних

очисних камер можна спостерігати за зміною максимальних деформацій (рис. 3).

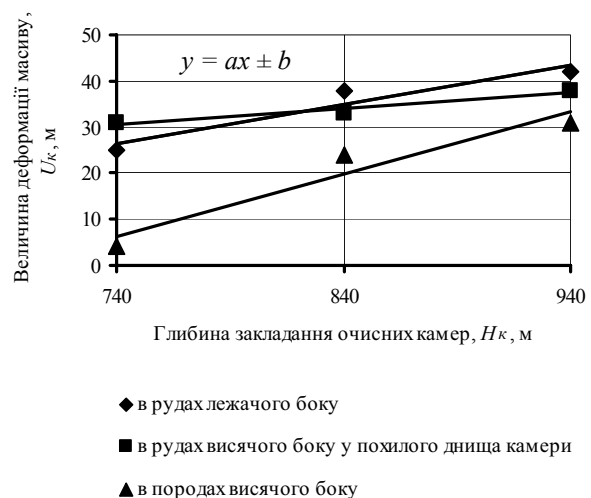


Рис. 3. Зміна руйнівних деформацій в масиві гірських порід навколо первинних камер зі збільшенням глибини гірничих робіт

Виконання аналізу значень деформації дозволило встановити, що первинні очисні камери впливають на руду, яка знаходиться у вміщуючому масиві, в 1,3–1,8 разів більше, ніж на породи висячого боку. Тому основним чинником, що впливає на вихідні дані, буде об'ємна маса руди, яка перевищує об'ємну масу порід висячого боку в 1,2–1,3 рази.

Визначення максимальної величини руйнівних деформацій в масиві гірських порід навколо очисних камер в породах висячого боку, в рудах лежачого боку і рудах висячого боку у похилого днища виконували шляхом вимірювання відстані від межі деформації до камери. Для визначення величини деформації в породах висячого боку вимірювали відстань від межі зони деформації перпендикулярно до кута падіння рудного поклада за довжиною, згідно з масштабом побудови, знаходили максимальну довжину руйнівних деформацій.

Згідно складеного алгоритму, аналогічно визначали величини руйнівних деформацій в рудах лежачого боку і рудах висячого боку у похилого днища. Відстань для визначення величини деформацій в рудах лежачого боку проводили перпендикулярно до очисних камер, а для руд висячого боку у похилого днища камери – відстань визначали під кутом 68° , паралельно куту падіння поклада.

Провівши апроксимацію максимальних значень за допомогою програми Microsoft Excel 2000, отримано емпіричні рівняння залежностей величини руйнівних деформацій U_k від глибини закладання очисних камер H_k та об'ємної маси руди і порід висячого боку γ .

Для масиву гірських порід, що оточує первинні очисні камери, емпіричні залежності мають вигляд:

– величина руйнівних деформацій в рудах лежачого боку

$$U_k | 0,0215 \gamma H_k^4 36,4 \text{ м, при } R = 91,5 \%,$$

де R – вірогідність апроксимації, %; H_k – глибина закладання камер, м; γ – об'ємна маса порід, т/м³;

– величина руйнівних деформацій в рудах висячого боку у похилого днища первинної очисної камери

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

– величина руйнівних деформацій в породах висячого боку

$$U_k | 0,54 \gamma H_k^4 93,73 \text{ м, при } R = 92,8 \%.$$

Висновки. За результатами виконаних досліджень області руйнівних деформацій U_k в масиві гірських порід, що оточує первинну очисну камеру, зі збільшенням глибини закладання камер можуть бути описані лінійними залежностями. Отримані емпіричні залежності величини деформації для різної глибини закладання камер дозволяють визначити розміри і фор-

ми зон руйнівних деформацій, які істотно впливають на стійкість бурових виробок очисних камер. Виконані дослідження підтверджують значимість ведення гірських робіт в областях руйнівних деформацій, які повинні супроводжуватися точним урахуванням деформації масиву руди на стійкість нарізних виробок.

Список літератури

1. Лавриненко В.Ф., Лысак В.И. Физические процессы в массиве пород при нарушении равновесия // Изв. ВУЗов. Горн. журн. – 1993. – №1. – С. 1–6.
2. В.И. Бондаренко, О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко Технология крепление подготовительных выработок в условиях Южно-Белозерского железорудного месторождения // Научный вестник НГУ. – 2005. – №8. – С. 3–6.

Выполнены аналитические исследования областей деформации массива горных пород вокруг первичных очистных камер. Определены области этих деформаций, которые распространяются в массиве руды в висячем и лежачем боках у наклонного днища камер. Выполнены исследования влияния глубины заложения очистных камер на вмещающий массив горных пород. Установлено, что с увеличением глубины заложения очистных камер происходит расширение областей разрушающих деформаций в массиве горных пород, окружающих камеры. Получены эмпирические уравнения зависимости величин разрушающих деформаций от глубины заложения очистных камер, объемной массы руды и пород висячего бока.

Ключевые слова: разрушающие деформации, очистная камера, нарезные выработки, глубина заложения, линейные зависимости

Analytical research of areas of deformation of rock mass round primary extraction cameras is executed. Areas of these deformations which extend in a massif of ore of lying wall and in a massif of ore of hanging wall at the inclined bottom of cameras are defined. Researches of influence of depth of location of extraction cameras on containing rock mass are executed. It is established, that the deeper extraction cameras are located the broader areas of destroying deformations spread in a rock mass that surrounds cameras. The empirical equations of size of destroying deformations dependence from depth of location of extraction cameras, volume mass of ore and hanging wall soils are received.

Keywords: destroying deformations, extraction chamber breakoff, depth of location, linear dependences

Рекомендовано до публікації д.т.н. І.А. Ковалевською 29.03.10