

В.В. Руських, С.Л. Денисов, А.В. Яворський

КЕРУВАННЯ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ НАВКОЛО ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ПОЗА ЗОНОЮ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ РОБІТ

Наведено аналіз способів керування станом масиву, основні закономірності зсуву порід і формування опорних зон навколо підготовчих виробок поза зоною впливу очисних робіт, а також розглянуто заходи щодо керування гірським тиском у них.

Приведен анализ способов управления состоянием массива, основные закономерности сдвижения пород и формирование опорных зон вокруг подготовительных выработок вне зоны влияния очистных работ, а также рассмотрены мероприятия по управлению горным давлением в них.

The basic laws of rock movement and formation of bearing zones around of development workings out of affected area of coal-face works are resulted, and also provisions of pressure control in them are considered.

Досвід ведення гірничих робіт на вугільних шахтах України й інших країн показує, що умови підтримання гірничих виробок у значній мірі залежать від відповідності прийнятих технологічних параметрів заданим умовам. Нерідко мають місце випадки, коли неправильне планування виробок, їх форма, кріплення, положення щодо пласта і т.і. призводять до виходу кріплення з ладу, обвалення порід і травмування працівників (рис. 1).

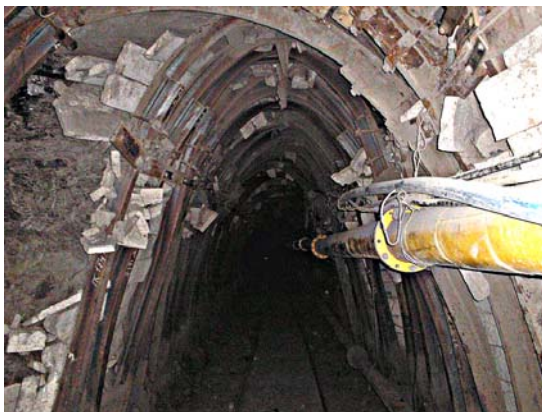


Рис. 1. Стан однієї з виробок шахт Західного Донбасу

У зв'язку з цим значення питань керування гірським тиском у підготовчих виробках постійно зростає.

При веденні гірничих робіт у масиві відбувається перерозподіл гірського тиску внаслідок того, що зникає опора, на яку припадала частина ваги верхніх порід. Відбувається утворення опорних зон, причому максимум опорного тиску зміщений усередину масиву через розтріскування (віджим) вугільного пласта чи бічних порід. Опорна зона має деякі границі, за межами яких тиск у масиві знову стабілізується і дорівнює γH (рис. 2).

При цьому шари порід вигинаються усередину виробки. У результаті вигину в шарах порід розвиваються нормальні напруження, що прагнуть зруйнувати їх.

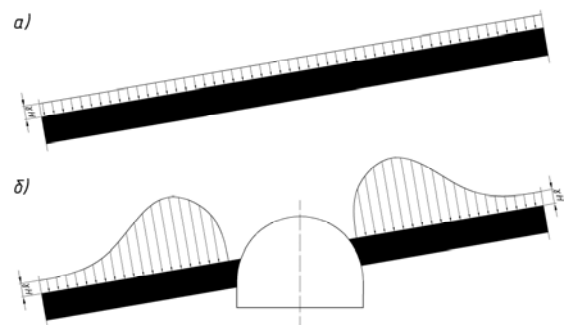


Рис. 2. Схема формування тиску: а – у масиві; б – при проведенні підготовчої виробки

Слід зазначити, що порушення суцільності шару породи при вигині спочатку відбувається від стискальних напружень у результаті утворення пластичного шарніру (рис. 3, а) у верхній частині шару [1]. Надалі консолі шарів обрушуються під дією розтягувальних напружень (рис. 3, б).

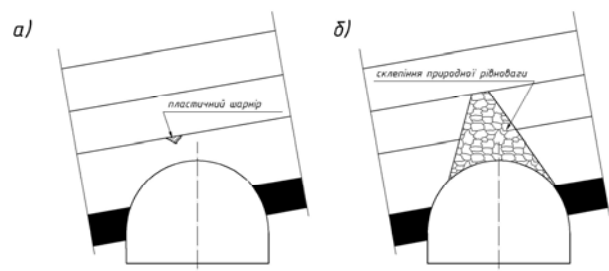


Рис. 3. Схема руйнування шарів покрівлі: а – утворення пластичного шарніра; б – утворення склепіння природної рівноваги

Здимання підшви у підготовчих виробках є найбільш ускладнюючим фактором при їх експлуатації, оскільки у більшості випадків транспортні комунікації розміщені на ґрунті й деформуються разом з ним. Так, середня швидкість здимання порід підшви у виробках що підтримуються в умовах шахт Західного Донбасу, складає 1,1-1,2 м/рік [3].

Здимання порід ґрунту викликано зоною реакції, що розширюється, з боку підстилаючих порід. Механізм здимання порід підшови наведений на рис. 4.

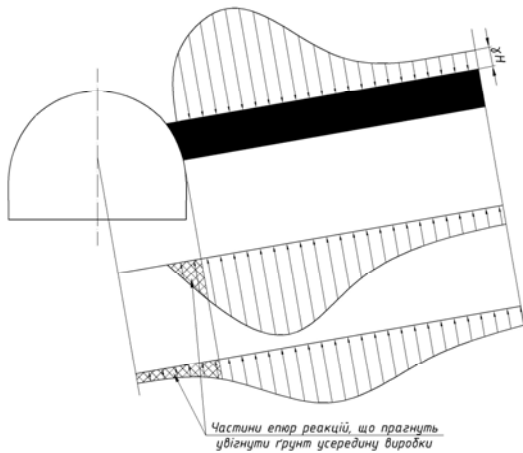


Рис. 4. Схема здимання ґрунту у виробці

З часом міцність порід, що вміщують, а також їхні деформаційні властивості знижуються в 1,2-2 рази [2], відбувається видавлювання вугільного пласта або бічних порід усередину виробки. Інтенсивність навантаження знижується, її максимальне значення зміщується всередину масиву, відбувається розширення опорної зони убік масиву (рис. 5). Збільшуються зсуви порід усередину виробки.

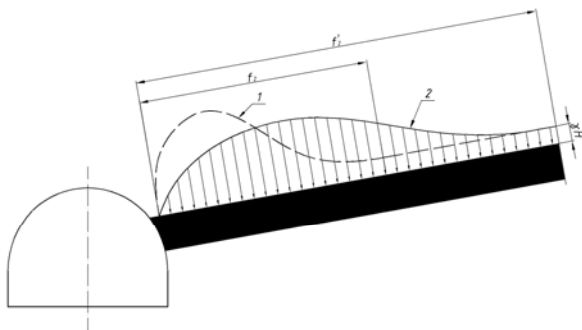


Рис. 5. Схема зміни навантажень на пласт з часом: 1 – епюра навантажень при проведенні виробки; 2 – епюра навантажень через деякий час

Найбільш ефективними заходами щодо керування гірським тиском у підготовчих виробках є:

- проведення виробки тієї чи іншої форми;
- варіювання положенням виробки відносно пласта;
- застосування кріплення з відповідною піддатливістю;
- проведення виробок у розвантаженій зоні;
- проведення виробок з присіканням до виробленого простору;
- зміцнення бічних порід;
- проведення заходів, що запобігають розшаруванню шарів, покрівлі чи ґрунту;
- буріння щілин чи розвантажувальних свердловин для зниження здимання порід підшови.

Розглянемо кожен з цих заходів окремо:

Проведення виробки відповідної форми. Найбільш ефективною з погляду проведення і підтримання виробки є аркова форма перерізу (рис. 6, а). Однак, в умовах слабких бічних порід, де спостерігається значний бічний тиск варто проводити виробки шатрової форми (рис. 6, б), а істотного здимання порід підшови – виробки із зворотним склепінням (рис. 6, в).

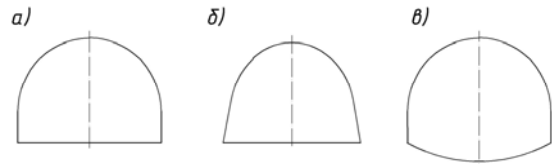


Рис. 6. Форма підготовчих виробок: а – арочна; б – шатрова, в – арочна із зворотним склепінням

Положення виробки щодо пласта. Проведення підготовчих виробок може здійснюватися з верхнім і нижнім підриванням бічних порід (рис. 7, а). У слабких породах доцільно проводити виробки тільки з нижнім підриванням. В цьому випадку забезпечуються задовільні умови підтримання штреків і знижується вірогідність вивалоутворення на сполученнях з очисними вибоями [2] (рис. 7, б). Проте недоліком такого способу є те, що для розміщення приводу вибійного конвеєра необхідно споруджувати нішу.

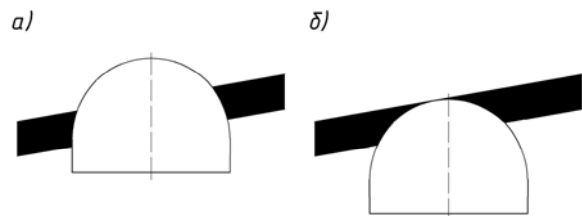


Рис. 7. Положення виробки відносно пласта: а – з верхнім і нижнім підриванням; б – з нижнім підриванням

Застосування кріплення виробки з відповідною піддатливістю. Процес зрушення порід навколо виробки йде постійно. Породини основної покрівлі опускаються над виробкою, і піддатливість кріплення має бути вибрана таким чином, щоб забезпечувати ці опускання (рис. 8). Інакше відбувається вихід цього кріплення з ладу і втрачається його несуча спроможність, яка направлена лише на утримання порід у склепінні природної рівноваги. Відбувається вивал породи в підготовчу виробку.

Розрахунок величини зсуву порід і навантаження на кріплення виконаний на підставі [4] для наступних умов: глибина закладення виробки 800 м, бічні породи середньої міцності й міцні потужністю 3-5 м показав, що зміщення порід покрівлі складають 0,6 м при навантаженні на кріплення 200 кН/м. Тобто, в цьому випадку необхідно передбачити установлення арочного кріплення піддатливістю не менше 600 мм, або

перекріплення виробки з випуском порід покрівлі при використанні кріплення меншої піддатливості.

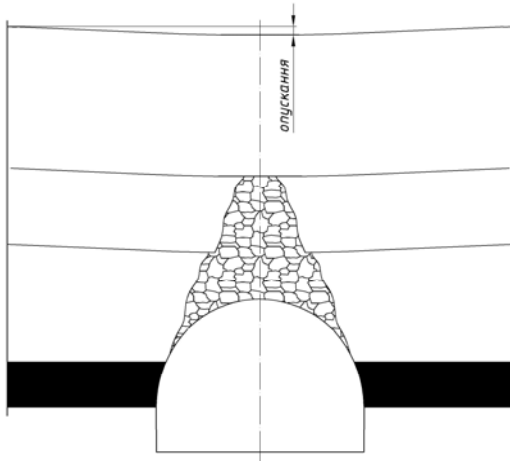


Рис. 8. Схема зрушення порід над підготовчою виробкою

Проведення виробок в розвантаженій зоні. В результаті ведення гірничих робіт відбувається перерозподіл гірського тиску, навколо виробок утворюються зони підвищеної напруги і зони розвантаження (рис. 9). При проведенні виробок в таких зонах стійкість їх значно вище за виробки, проведені в незайманому масиві.

На рис. 9, а наведено ізобари тиску під крайовою частиною відпрацьованого пласта при глибині розробки 800 м [4]. З даних графіка виходить, що польова виробка, розташована під виробленим простором, опиниться в зоні зниженого гірського тиску при нормальному тиску, рівному 20 МПа.

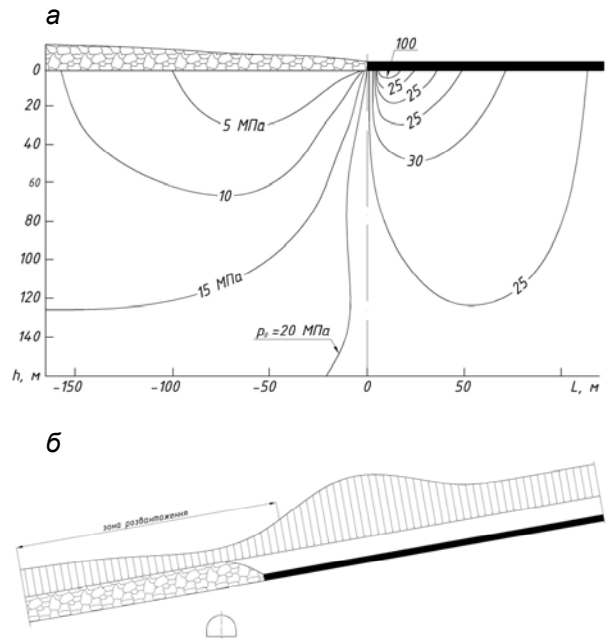


Рис. 9. Формування зони розвантаження після відроблення лави: а – ізобари напруження під крайовою частиною пласта; б – розташування виробки в зоні розвантаження

Істотний вплив розвантаженої зони на стан виробок, що пролягають нижче пласта, що розробляється, має місце на відстані 50-60 м [2]. Внаслідок цього на шахтах ефективно використовують попередню відробку розвантажувальних лав з подальшим проведенням магістральних виробок під відпрацьованим пластом (рис. 10).

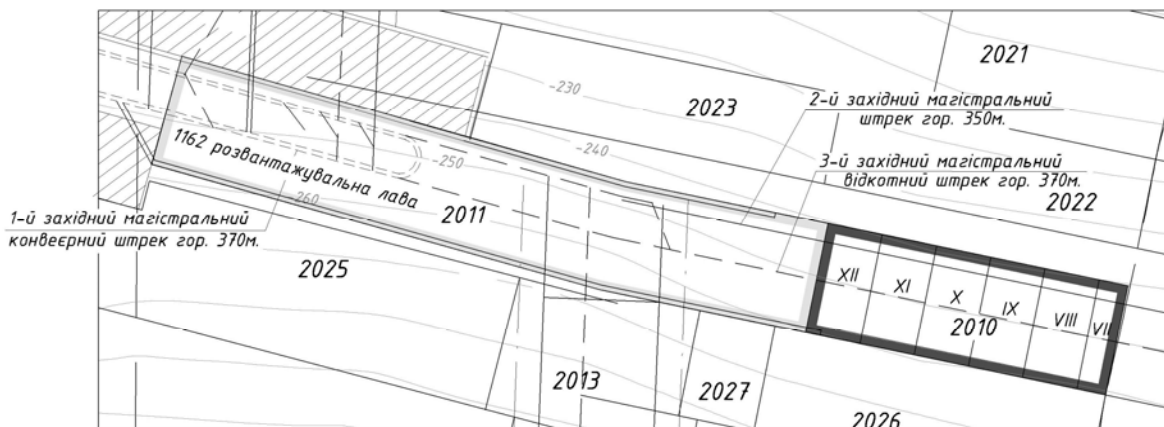


Рис. 10. Викопіювання з плану гірничих виробок пласта c_{11} шахти ім. Героїв космосу

Проведення виробок з присіканням до виробленого простору. Відразу після відроблення лави максимум навантаження знаходиться поблизу старої виробки. З часом, унаслідок зменшення величини деформаційних властивостей шарів (міцності, модуля деформації), відбувається розширення опорної зони і зсув максимуму навантажень углиб масиву. У ре-

зультаті підготовча виробка, проведена з присіканням до виробленого простору, опиниться в зоні розвантаження (рис. 11).

Зміцнення бічних порід. Збільшення міцності вмшуючих порід будь-яким із доступних способів (тампонаж, штучне заморожування, хімічне та електрохімічне закріплення, електроплавлення порід, ущі-

льнення енергією вибуху і т.і.) дозволить зменшити ширину опорної зони, збільшити реакцію цих шарів і понизити конвергенцію порід у виробці.

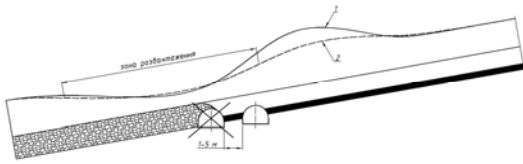


Рис. 11. Проведення виробки з присіканням до виробленого простору в розвантаженій зоні: 1 – еюра навантажень одразу після відроблення лави; 2 – еюра навантажень через деякий час після відроблення лави

Проведення заходів що запобігають розшаруванню порід покрівлі або підосви. Застосування анкерного кріплення дає можливість «зшити» декілька тонких шарів в одну конструкцію, несуча здатність якої збільшується не тільки за рахунок підвищення стійкості відслонень, але й завдяки зростанню опору матеріалу заанкерованої зони і збільшенню її деформативного запасу. Коефіцієнт зміцнення порід при даному способі може досягати величини 1,5-2 [6].

Це дозволить запобігти розшаруванню порід, формуванню пластичних шарнірів і консолей в покрівлі. Фактично, зона обрушених порід над виробкою буде відсутня (рис. 12).

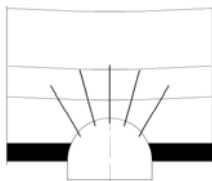


Рис. 12. Формування зони обвалення над виробкою із застосуванням анкерів

Буріння щілин або розвантажувальних свердловин для зниження здимання порід підосви. Проведення цих заходів збільшує піддатливість пласта, отже, вільний проліт, на якому відбувається вигин шарів підосви всередину виробки, збільшується, максимум опорного тиску зміщується углиб масиву. Фактично, здимання не відвертається, а стає рівномірним по всій ширині виробки (рис. 13). Слід врахувувати, що зрушення порід у виробці в цьому випадку істотно збільшується, і для кріплення виробки слід застосовувати кріплення підвищеної піддатливості.

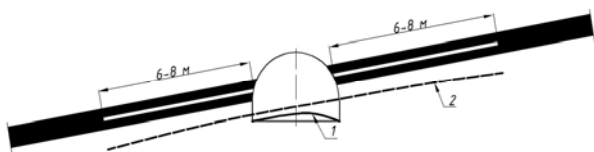


Рис. 13. Здимання порід в підосві виробки: 1 – у звичайних умовах; 2 – із бурінням розвантажувальних щілин або свердловин

На шахті ім. А.Ф. Засядька в східному транспортному штреку на пласті m_3 були проведені випробування даного способу. Довжина експериментальної ділянки 100 м у верхній частині штреку. Діаметр розвантажувальних свердловин 400 мм, ширина перемичок між ними 200 мм. Довжина свердловин 7-8 м. Відстань між рамами кріплення 1,2 м з розрахунку розміщення між ними двох свердловин. Середня швидкість посування штреку склала 2 м на добу. Буріння розвантажувальних свердловин здійснювалося модернізованим бурильним верстатом (БГА-2; Б-15с; Долот РХ). Інструментальними спостереженнями протягом 1 року встановлено, що на розвантаженій ділянці штреку підняття порід підосви склало 60 мм, а на нерозвантаженій ділянці, що проводилася вузьким ходом – 480 мм. Протягом перших 10 днів (на відстані 20 м від забою) внаслідок розвантаження породного масиву швидкість підняття порід підосви в штреку була понижена в 10 разів.

Опускання порід покрівлі на розвантаженій ділянці в середній частині перерізу штреку було на 80 мм більше, ніж на звичайній ділянці. Воно відбулося в перші 10-15 днів на відстані 20-25 м від вибою штреку.

Таким чином, на підставі розглянутого матеріалу можна зробити наступні висновки :

- при проведенні виробки навколо неї утворюються зони аномалій, що характеризуються як підвищеними, так і зниженими напруженнями. З часом відбувається перерозподіл напружень в цих зонах і даний фактор слід враховувати при проектуванні виробок;

- стан виробки значною мірою залежить від місця її розташування до старих гірничих робіт.

- при використанні заходів щодо керування станом масиву в підготовчих виробках приведених в даній роботі можна добитися значного покращання її стану в процесі експлуатації.

Список літератури

1. Харченко В.В., Корнилов А.И. Формирование механизма разрушения непосредственной кровли при ведении очистных работ. // Сб. научн. тр. / НГА Украины. – 1999. – № 7, т. 3. – С. 29-32.
2. Савостьянов А.В., Ключков В.Г. Управление состоянием массива горных пород: Уч. пособие. – К.: УМК ВО. – 1992. – 276 с.
3. Брагинец И.Д. Способы борьбы с пучениями пород почвы транспортных горных выработок // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 2. – С. 13-18.
4. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Стандарт Мінвуглепрому України. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони.
5. Якоби О. Практика управління горным давлением: Пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 566 с.
6. Костогрыз В.И. Эффективность упрочнения пластичных пород анкерованием // Науковий вісник НГА України, 1998. – № 3. – С. 13-15.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 28.12.09