

УДК 622.831.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛОИСТОГО ГОРНОГО МАССИВА НАД ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКОЙ

д.т.н. Жуков В.Е.; к.т.н. Лобков Н.И.; асп. Сергиенко А.И.
(ИФГП НАН Украины)

У статті приведено аналіз результатів досліджень зсуву порід над виробленим простором. Запропоновано порядок прогнозу прогину породних шарів та опорного тиску.

RESEARCH OF PROCESE OF DEFORMATION OF THE LAYERED HILLS ABOVE CLEARING DEVELOPMENT

Jukov V.E., Lobkov N.I. Sergienko A.I.

In clause the analysis of results of researches сдвижения breeds above the produced space is resulted. The order of the forecast of a deflection of pedegree(rocky) layers and basic pressure is offered

Как известно, в процессе работы лавы, над постоянно увеличивающимся выработанным пространством, происходит прогиб породных слоев с последующим обрушением, оказывающие как положительное, так и отрицательное влияние на технологические процессы выемки угля.

К положительным можно отнести отжим угля, разрушаемость и обрушаемость пород непосредственной и основной кровли. Отжим снижает энергозатраты на выемку угля выемочной машиной. Отсутствие зависших породных консолей и обрушение пород за призабойной крепью обеспечивают благоприятный режим работы механизированной крепи и безопасные условия работы в очистном забое.

К отрицательному влиянию относятся обрушения пород в призабойное пространство, интенсивные смещения кровли над призабойным пространством, динамические и газодинамические явления и др.

Интенсивность смещения кровли во многом определяется количеством породных слоев, прогибающихся и обрушающихся над выработанным пространством. Чем больше слоев прогибается, тем интенсивней смещение, тем больше величина опорного давления. Величина опорного давления и прочностные свойства пород в значительной мере определяют характер разрушения и обрушения

Прогноз и управление состоянием горного массива

кровли в призабойном пространстве. Обрушение кровли ведет к образованию куполов над секциями крепи, выводу из строя забойного оборудования, остановкам лав и, как следствие, потере добычи. Прогнозирование этих явлений в процессе проектирования выемочных полей лав позволит существенно увеличить объем вынимаемого угля.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся случаи поведения пород кровли над призабойным пространством лав в Донбассе.

Породы непосредственной кровли класса $B_1 \dots B_3$, разрушенные в зоне опорного давления под действием касательных напряжений (Рис.1а) [1], попадая по мере продвижения лавы в зону растягивающих напряжений, просыпаются мелкими фракциями в призабойное пространство. Просыпание происходит за проходом комбайна до передвижки секций крепи [2]. Высота купола высыпания породы может достигать по величине мощности непосредственной кровли (Рис.1б). В результате секции крепи не имеют распора, происходит остановка лавы.

При наличии над пластом пород классов B_4 , B_5 и A_3 , A_4 , в непосредственной кровле в зоне опорного давления образуются трещины отрыва, делящие её на блоки. Основная кровля, обрушаясь, через блоки непосредственной, пригружает механизированную крепь в динамическом режиме, что часто ведет к посадке крепи «нажестко», к завалу лав. Особенно интенсивными являются пригрузки в период первичной посадки кровли.

Приведенные примеры поведения пород кровли характерны при наличии в кровле пласта мощных и прочных породных слоев. Эти слои могут залегать как непосредственно над пластом, так и на некотором удалении от него, значительно усложняя условия разработки [3].

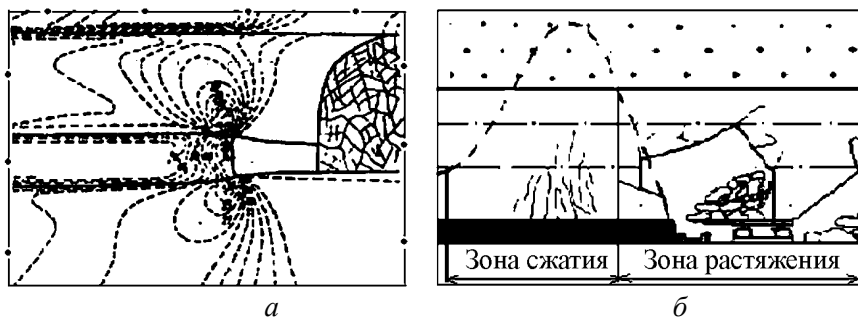


Рис. 1. Распределение касательных напряжений вокруг очистной выработки (а) и характер обрушения пород в призабойном пространстве (б)

Кроме непосредственной и основной, на смещение кровли в призабойном пространстве, характер ее разрушения в зоне опорного давления оказывают влияние и вышележащие слои, прогибающиеся и обрушающиеся над выработанным пространством лавы. Эти слои образуют область сдвижения пород, высота которой при работе одиночной лавы зависит от мощности слоев и прочностных характеристик породы. Это положение подтверждается исследованиями [4, 5, 6, 7, 8]. Таким образом можно говорить о влиянии всей толщи пород, входящих в область сдвижения, на формирование опорного давления в очистном забое.

По характеру деформирования породных слоев в пределах области сдвижения различают три характерные зоны [9].

Первая зона – зона беспорядочного обрушения кровли, высота ее составляет $0,1 \dots 1,0$ м, где m – мощность пласта. В этой зоне непосредственная кровля разрушается и беспорядочно обрушается и в дальнейшем уплотняется весом обрушившихся пород второй зоны. Коэффициент разрыхления уплотнившейся породы первой зоны находится в пределах $1,01 \dots 1,05$ и зависит от прочностных свойств породы.

Вторая зона – зона упорядоченного обрушения кровли и прогиба слоев с потерей несущей способности, ее высота составляет $20 \dots 60$ м и зависит от мощности и прочности пород. В этой зоне породные слои разбиты на блоки вертикальными, наклонными и даже горизонтальными трещинами отрыва и скольжения. Под действием собственного веса и вышележащих прогнувшихся слоев блоки плотно прижаты друг к другу. Коэффициент разрыхления пород в этой зоне не превышает $1,05 \dots 1,1$.

Третья зона – зона прогиба слоев без потери несущей способности. Высота этой зоны во многом зависит от мощности и прочности прогибающихся слоев и размера выработанного пространства. Прогибающиеся без потери сплошности (в пределах упругости) породные слои играют важную роль в формировании опорного давления, ограничивая область сдвижения.

Слои с большой несущей способностью, прогибаясь над выработанным пространством, удерживают не только собственный вес, но и вес вышележащих с меньшей устойчивостью слоев. Используя метод построения области сдвижения [9], можно разделить массив на группы слоев, в которых нижний слой, являющийся несущим, несет на себе пригрузку обрушившегося вышележащего слоя.

Прогноз и управление состоянием горного массива

Для прогноза изменения напряженно-деформированного состояния породного массива в выемочном поле лавы необходимо разработать метод расчета величин прогиба породных слоев и опорного давления.

В осадочных породах Донбасса литологические разности контактируют друг с другом довольно четко и при сдвигении над выработанным пространством породный массив разделяется на слои. Поэтому весь вмещающий массив от угольного пласта до поверхности можно считать дискретным, так как состоит из отдельных породных слоев. Массивы отдельных мощных слоев, представленные глинистыми, песчаными, песчано-глинистыми сланцами, известняками и песчаниками, в подавляющем большинстве случаев можно считать сплошными в пределах выемочного поля лавы или даже шахтного поля.

Натурные наблюдения за сдвижением слоев над выработанным пространством, произведенные с помощью реперов, установленных в скважинах, пробуренных с поверхности [4, 7, 8] и лабораторные, на моделях из эквивалентных материалов [6], показывают следующее. По мере выемки угля слой непосредственной кровли прогибается над выработанным пространством. Наибольшая величина прогиба отмечается в средней части выработанного пространства одиночной лавы (а, точка А); в интервале от средней части выработанного пространства и до границы с ранее отработанной лавой (б, линия АБ); в центре выработанного пространства лавы с двух сторон; примыкающей к выработанному пространству (в, линия АБ) (Рис.2).

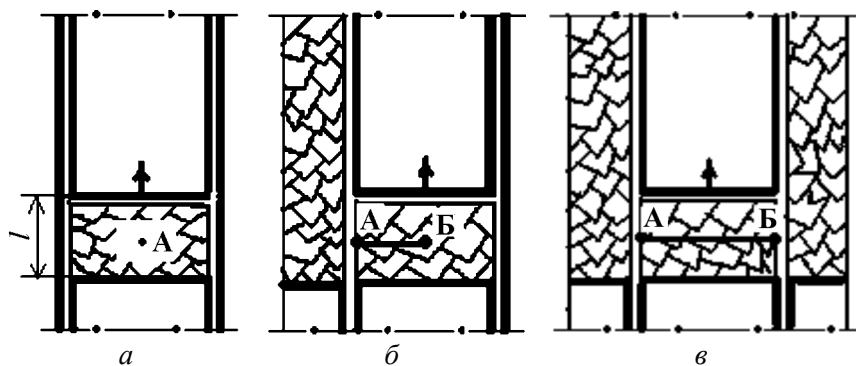


Рис. 2 Положение лавы относительно выработанного пространства: а – одиночная лава в массиве угля, б – лава примыкает к выработанному пространству, в – лава примыкает с двух сторон к выработанному пространству

Прогноз и управление состоянием горного массива

Вслед за прогибом непосредственной кровли приходит в движение вышележащий слой при наличии четкого межслоевого контакта и при дальнейшем подвигании лавы, в таком же порядке, прогибаются вышележащие слои. Число прогибающихся слоев ограничено зоной сдвижения, высота которой определяется углами наклона линий обрушения и прогиба пород [2].

Прогиб слоя, первоначально, происходит в пределах упругости породы. Величина прогиба зависит от цилиндрической жесткости слоя и распределенной нагрузки на слой.

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}, \text{ Нм}, \quad (1)$$

где D – цилиндрическая жесткость плиты, Нм.

Представляя породы кровли упругим телом, пригрузку на слой, как распределенную нагрузку под действием собственного веса, величину прогиба породного слоя можно рассчитать, как прогиб тонкой плиты, жестко заделанной с четырех (а), трех (б) и двух (в) сторон (Рис. 2). Прогиб такой плиты описывается известным уравнением Софи Жермен – Лагранжа:

$$\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = \frac{q(x, y)}{D}, \text{ м}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости породы, МПа; h – мощность породного слоя, м; ν – коэффициент Пуассона; w – прогиб слоя в точке, м; x, y – координаты точки.

Решая уравнение (3) можно определить, что максимальный прогиб, во всех трех случаях (Рис. 2), будет в центре плиты [9] и может быть определен как прогиб балки, жестко заземленной с двух сторон. Технологически это пролет слоя l , равный отходу лавы от разрезной печи, до первичной посадки кровли.

$$\varpi = \frac{ql^4}{2Eh^3}, \text{ м} \quad (3)$$

где ϖ – максимальный прогиб балки, м; q – распределенная нагрузка на слой, МПа.

Подставив вместо l шаг первичной посадки кровли с учетом пригрузки более слабых слоев Σh , получим величину прогиба слоя, при котором порода обрушится

$$\varpi = \frac{q \left(h \sqrt{\left[\frac{\sigma_o h^2}{7\sigma_p (h + \sum h)} \right]^2 + \frac{\sigma_o - 2\lambda\gamma H}{\gamma (h + \sum h)} - \frac{\sigma_o h^2}{7\sigma_p (h + \sum h)}} \right)^4}{2Eh^3}, \text{ м, (4)}$$

где σ_o и σ_p – предел прочности породы на одноосное сжатие и растяжение, МПа; λ – коэффициент бокового распора, γ – объемный вес пород, МПа? H – глубина залегания слоя, м.

Используя выражение (4) определяется максимальная величина прогиба каждого несущего слоя перед обрушением, находящегося в области сдвижения пород над выработанным пространством, высоту зон беспорядочного и упорядоченного обрушения, а также высота зоны прогиба слоев без разрыва сплошности. Уточнив высоту области сдвижения и определив количество слоев, участвующих в смещении, можно приступить к определению величины опорного давления как впереди очистного забоя, так и со стороны конвейерного и вентиляционного штреков. Величина опорного давления может быть рассчитана в соответствии с [10].

Для построения области сдвижения пород кровли можно использовать решение (2) для первичной посадки кровли с учетом углов наклона линий прогиба и обрушения. Определение ожидаемых величин опорного давления и смещений кровли в пределах выемочного поля лавы после первичной посадки требует уточнения давлений у заделки обрушенных слоев.

Выводы

В результате анализа результатов исследований сдвижения пород кровли над выработанным пространством лав установлено:

– прогиб слоев над выработанным пространством происходит поочередно в восходящем порядке от непосредственной кровли до последнего слоя в области сдвижения;

– в процессе формирования горного давления и смещения кровли в призабойном пространстве принимают породные слои, находящиеся в области сдвижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трумбачев В.Ф. Исследование горного давления в очистных выработках оптическим методом. – М., Углетехиздат, 1955, – 98с.

Прогноз и управление состоянием горного массива

2. Носач О.К., Лобков М.И. Процеси підземних гірських робіт в очисних вибоях. Учебний посібник для вузів у питаннях та відповідях. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002, - 180с.
3. Управление кровлей в сложных горно-геологических условиях/В.Ф. Андрушко, С.А. Саратикянц, Ю.Г. Спицын и др.; Под ред. К.Ф. Сапицкого.-К.: Техника, 1985,-128с.
4. Конлыбаева Ж.М. Закономерности сдвижения пород в массиве. – М.: Наука, 1968, - 108с.
5. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. - М.: Недра, 1980.-360с.
6. Исследование поведения труднообрушаемой кровли при отработке пласта h_8 на большой глубине/Андрушко В.Ф., Лобков Н.И., Попов Л.Ф., Желязко В.З.- В сб. Разработка месторождений полезных ископаемых. - К.:Техника,1981.-с.12-15.
7. Болгожин Ш.А., КлиновицкийФ.И. Геомеханические условия охраны подготовительных выработок при отработке угольных пластов.-Алма-ата.: Наука, 1982.- 88с.
8. Хохлов И.В. Комплексное исследование массива горных пород.- М.: Наука. 1986.-163с.
9. Бубнов И.Г. Труды по теории пластин.- Гос. изд.-во технико-теоретической литературы. – М., 1953. – 423 с.
10. К вопросу о механизме формирования горного давления в лавах пологих пластов. В сб. Фізико-технічні проблеми гірничого виробництва/Під ред. А.Д.Алексєєва. – Донецьк: 000 „Апекс”, 2003. – с.81-87.