

УДК: 622. 831. 27

И.И. Клочко

Донецкий национальный технический университет, Донецк

Н.И. Лобков

Институт физики горных процессов НАН Украины

ПРОГНОЗ ОБРУШЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

На основе проведенных исследований сдвижения породных слоев над выработанным пространством разработан расчетный метод прогноза обрушения пород во время первичной и вторичной посадок основной кровли.

Ключевые слова: боковые породы, посадка кровли, очистной забой, лава, призабойное пространство, вмещающий массив.

Обрушение пород кровли в выемочном поле лав в периоды первичной и вторичных посадок часто приводит к аварийной ситуации на добычном участке. Так при залегании слабых пород в кровле пласта крепостью $f \leq 5$ по шкале Протодяконова, (глинистые сланцы, песчаные сланцы) происходит разрушение пород кровли пласта в зоне опорного давления на мелкие фракции. При подходе лавы к разрушенной зоне происходит высыпание дробленых фракций пород в призабойную часть, образуя купола над секциями крепи. Секции крепи не имеют распора, что затрудняет дальнейшую эксплуатацию комплекса (рис.1а). Для устранения аварийной ситуации, выкладывают деревянные костры из брусьев, для придания секциям крепи распора. При этом снижается безопасность работ, повышается вероятность травматизма, простой участка, потеря добычи.

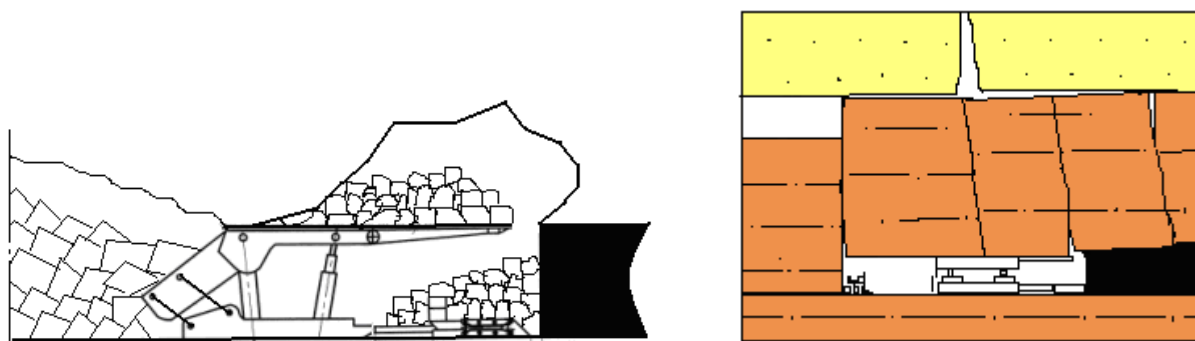


Рис. 1. Обрушение пород кровли в призабойном пространстве:
а – мелкими фракциями, б – крупными блоками

Если в кровле пласта залегают крепкие породы крепостью $f \geq 6$, по шкале Протодяконова, (прочные алевролиты, песчаники) происходит обрушение крупных блоков, что часто приводит к посадке механизированного комплекса на жесткую базу (рис. 1б). При изъятии секций из-под блоков применяют буровзрывные работы, что в свою очередь приводит к разрушению секций крепи и выхода их из эксплуатации. Это приводит к значительной потере добычи, снижению себестоимости угля.

В настоящее время основным нормативным документом, позволяющим оценивать поведение кровли и принимать технологические решения, направленные на обеспечение безаварийной работы лав, является классификация пород ДонУГИ. Недостатком классификации является то, что выбор технологических решений

приходится осуществлять в действующем очистном забое. Прогнозирование обрушений пород кровли с ее помощью возможно с большой долей ошибки.

Таким образом, разработка метода прогнозирования обрушения пород кровли над очистным забоем, является актуальной задачей.

Целью работы является, разработка метода прогнозирования обрушения пород кровли над очистным забоем.

Для осуществления данной цели решаются следующие задачи:

- исследование механизма формирования разрушающих напряжений при прогибе слоев;
- разработка обобщенного метода расчета прогиба слоев над выработанным пространством.

Решить эти задачи невозможно без всестороннего анализа сдвижения горных пород под влиянием горных разработок. Как в Украине, так и за рубежом, к настоящему времени, накоплен значительный опыт в области обоснования и разработки параметров кровли в очистных забоях угольных пластов различной модификации. Однако в области геодинамического обоснования параметров посадки кровли в очистных забоях пологих угольных пластов Донбасса, а также моделирования характера поведения породного массива над выработанным пространством лав, работа практически не велась, или велась недостаточно, что является серьезным недостатком уровня современных исследований. До сих пор не определено, сколько и какие породные слои участвуют в формировании опорного давления, т.е. на данный момент нет современной прогрессивной методики прогнозирования характера поведения породного массива при отработке угольных пластов.

Установлено, что слои, прогибаясь над выработанным пространством, формируют опорное давление. Нет общепризнанной гипотезы определения характера взаимодействия слоев над выработанным пространством. Исследования различных авторов позволяет утверждать, что сдвижение слоев зависит от их прочностных свойств.

Одни слои способны зависеть на значительных площадях, формируя горное давление. Другие слои обрушаются при незначительном обнажении и обрушаются, создавая пригрузку для нижележащих слоев. Особенно это наглядно видно при моделировании на моделях из эквивалентных материалов. Поэтому главной задачей является установление закономерностей взаимодействия слоев над выработанным пространством.

Натурные и лабораторные исследования указывают на то, что сдвижение породного массива над выработанным пространством осуществляется в определенной последовательности. По мере отхода очистного забоя от разрезной печи, изгиб слоев происходит в восходящем порядке, от пласта к поверхности. Прогибаясь, слои формируют повышенные напряжения на краевую часть пласта, величина прогиба слоя уменьшается с удалением вверх от пласта. Изгибающийся слой, до обрушения, ведет себя как сплошная, упругая, изотропная среда.

Результаты аналитических исследований, представленные на рис. 2 показывают характер изменения вертикальных напряжений в непосредственной кровле пласта в лаве, примыкающей к выработанному пространству ранее отработанной лавы, по мере отхода очистного забоя от разрезной печи.

Рост напряжений происходит за счет увеличения количества породных слоев, изгибающихся над выработанным пространством [1], которое ограничивается параметрами области полных сдвижений пород над выработанным пространством.

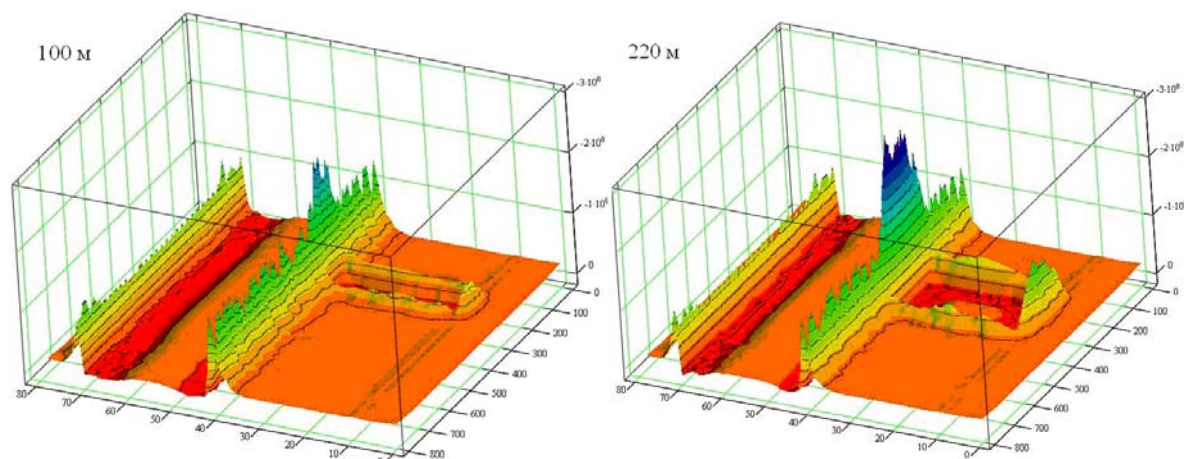


Рис. 2. Распределение напряжений вокруг работающей лавы, примыкающей к выработанному пространству

В изгибающихся над выработанным пространством породных слоях формируются растягивающие горизонтальные напряжения (рис. 3), под действием которых развивается магистральная трещина от верхней кромки слоя к нижней [2]. При пересечении слоя по всей мощности происходит обрушение породного слоя (рис. 4).

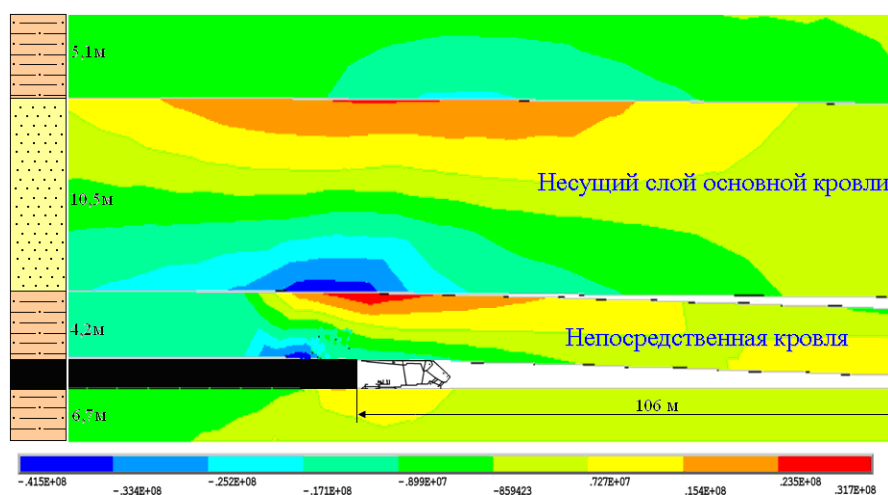


Рис. 3. Распределение горизонтальных напряжений в изгибающихся слоях

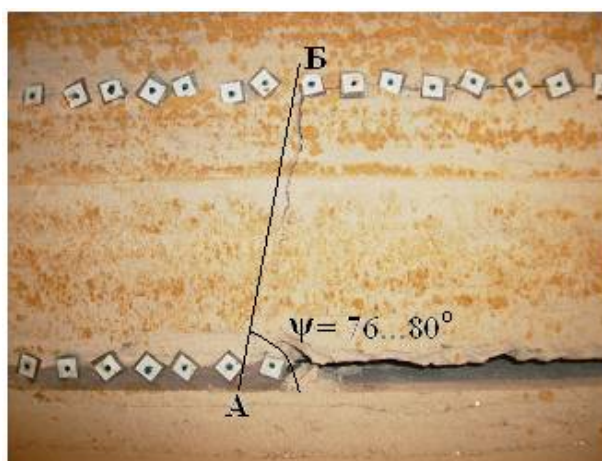


Рис. 4. Расположение трещины в породном слое при его обрушении:
АБ – линия обрушения пород

Исследования распространения трещины в изгибающихся породных слоях с учетом эффективной поверхностной энергии (трещиностойкости), как постоянной материала породы в слое позволяют рассчитывать предельные пролеты породных слоев перед обрушением.

Условие для образования трещины по А. Гриффитсу [3] записывается

$$\frac{2\pi\sigma^2 l_{\delta}}{A} \Delta l_{\delta} = 4\tilde{A}\Delta l_{\delta} \quad \text{или} \quad \sigma = \sqrt{\frac{2A\tilde{A}}{\pi l_{\delta}}}, \text{ МПа} \quad (1)$$

где σ – действующее напряжение, МПа;

l_{T} – критическая длина трещины, м;

E – модуль упругости, МПа;

G – поверхностная энергия тела, Дж/м².

Учитывая нарушенность вмещающего массива разрушение породного слоя при изгибе начнется с роста существующей трещины, критическая длина которой определится из выражения:

$$l_{\text{сд}} = \frac{2AG_c}{\pi\sigma_p^2}, \text{ м}$$

где G_c – эффективная поверхностная энергия, Дж/м²;

σ_p – предел прочности породы на растяжение, МПа.

Подставляя значения действующих напряжений в (1) и проведя преобразования, получаем выражения для определения предельного пролета кровли над выработанным пространством.

При первичном обрушении породного слоя:

$$l_{\text{сд}}^2 = \frac{2h_{\text{н}}}{\gamma_{\text{н}}} \sqrt{\frac{2EG_c}{\pi l_{\text{сд}}}}, \text{ м}^2 \quad (2)$$

где $l_{\text{пр}}$ – предельный пролет породного слоя перед первичной посадкой, м;

h_c – мощность рассчитываемого слоя, м;

γ_c – объемная масса породы, Н/м³;

$l_{\text{кр}}$ – критическая длина трещины в слое, м.

При первичном обрушении группы слоев:

$$l_{\text{сд}}^2 = \frac{2h_{\text{н}}^2}{\sum_{i=1}^i \gamma_{\text{н}} h_c} \sqrt{\frac{2EG_c}{\pi l_{\text{сд}}}}, \text{ м}^2 \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^n \gamma_c h_c$ – распределенная нагрузка группы слоев, МН/м².

При вторичном обрушении породного слоя:

$$l_{i\delta}^2 = \frac{h_c}{3\gamma_c} \sqrt{\frac{2EG_c}{\pi l_{i\delta}}}, \text{ м}^2 \quad (4)$$

При вторичном обрушении группы слоев:

$$l_{i\delta}^2 = \frac{h_c^2}{3 \sum_{i=1}^n \gamma_c h_c} \sqrt{\frac{2EG_c}{\pi l_{i\delta}}}, \text{ м}^2 \quad (5)$$

Эффективная поверхностная энергия, как постоянная характеристика материала определяется в лабораторных условиях.

Полученные выражения для определения первичного и последующих обрушений породных слоев позволяют прогнозировать шаг посадки основной кровли в лаге по данным геологоразведки на стадии проектирования очистных работ.

Список литературы

1. Ключко И.И. Особенности изменения напряженного состояния впереди лавы в процессе выемки угля / И.И. Ключко, Н.И. Лобков // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2011. – №2. – С. 136 – 141.
2. Ключко И.И. Формирование разрушающих напряжений в породных слоях при ведении очистных работ / И.И. Ключко, Н.И. Лобков // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2011. – №1. – С. 106 – 111.
3. Griffiths A. The theory of rupture / A. Griffiths // Proceeding of 1-st International Cong. Appl. Mech., Delft. – 1924. – P. 55-63.

Надійшла до редколегії 24.04.2012

І.І. Ключко, М.І. Лобков

Донецький національний технічний університет, Донецьк

ПРОГНОЗ ОБВАЛЕННЯ ПОРІД ПОКРІВЛІ В ОЧИСНИХ ВИБОЯХ

На підставі проведених досліджень зсування породних шарів над виробленим простором розроблено розрахунковий метод прогнозу обвалення порід при первинній та вторинних посадках основної покрівлі.

Ключові слова: бокові породи, посадка покрівлі, очисний вибій, лага, привибійний простір, вміщуючий масив.

I.I. Klochko, N.I. Lobkov

Donetsk National Technical University, Donetsk

FORECAST OF THE COLLAPSE OF THE ROOF IN LONGWALL FACES

On the basis of the conducted research of the displacement of rock layers over the open space we developed a calculation method of the forecast of the collapse of rocks during the primary and secondary landing of the main roof

Keywords: wall rocks, planting roof, working face, bottom-hole space.