

УСТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ПЕРВИЧНОЙ ОСАДКИ ТРУДНООБРУШАЕМОЙ КРОВЛИ ПРИ ОТХОДЕ ЛАВЫ ОТ МОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ С РАЗВОРОТОМ

Использование механизированных комплексов на угольных шахтах в лавых с труднообрушаемой кровлей не всегда позволяет повысить безопасность ведения очистных работ. Отход линии очистного забоя от монтажной камеры на начальном этапе работы сопровождается резким возрастанием нагрузок на секции крепи, повышением интенсивности смещений пород в лаве. При первичном обрушении массива труднообрушаемой кровли возможен выход из строя очистного оборудования в пределах призабойного пространства, связанный с частичной или полной посадкой на «жесткую базу» секций крепи и деформацией её элементов. Кроме того, наблюдаются вывалы непосредственной кровли в призабойное пространство, завалы лав, воздушные удары, разрушения и деформации крепи участковых выработок [1, 2]. Обрушение кровли при отходе лавы способствовало выделению большого объема метана и угольной пыли, что приводило к взрывам и крупным авариям, а также провоцировало горные удары [3].

С целью снижения негативных проявлений горного давления в очистном забое до первичной осадки массива труднообрушаемой кровли целесообразно осуществлять предварительный разворот лавы при её отходе от монтажной камеры. В ряде случаев первичная посадка кровли происходит поэтапно участками по площади её обнажения, что позволяет локализовать интенсивность оседания массива и обеспечить работу лавы без аварийных остановок [4]. Механизм и параметрические характеристики геомеханических процессов в труднообрушающемся массиве кровли при ее поэтапном обнажении для усредненных условий исследовались в работах [5, 6]. Очевидно, что при определенных соотношениях пространственно-геометрических параметров линии очистного забоя, а также горно-геологических факторов осадка основной кровли по длине лавы будет происходить поэтапно (многостадийно), в других случаях этот процесс будет носить единовременный характер (одностадийно), т. е. возникает необходимость в установлении области рационального применения данной технологии. Таким образом, вопрос определения параметров шага осадки массива труднообрушаемой кровли до первичного ее обрушения при развороте лавы изучен недостаточно и носит актуальный характер.

Цель работы — установление характера и величины первичного шага осадки основной труднообрушаемой кровли в зависимости от геометрических параметров очистного забоя и горно-геологических условий отработки пласта при поэтапном развороте лавы. Задачами данной работы являются: выявление наиболее влияющих факторов на величину первичного шага осадки кровли и установление их количественных зависимостей; определение рациональной области применения технологии поэтапного разворота очистного забоя.

Для проведения исследований в работе использован метод конечных элементов. Для этого разработана численная объемная параметрическая модель с возможностью варьирования исследуемыми факторами в широком диапазоне. Описание модели приведено в [7, 8]. Задание граничных условий аналогично работе [6].

К основным горно-геологическим факторам, влияющим на шаг осадки основной кровли, относятся: мощность h_0 и предел прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ труднообрушаемого слоя; глубина разработки H и др. К влияющим горнотехническим факторам следует отнести длину лавы $l_{л}$, форму обнажения кровли в выработанном пространстве, скорость подвигания очистного забоя $v_{оч}$ и др. На рисунке 1 представлена схема изменения положения линии

очистного забоя после разворота лавы, где: l_b , l_{b1} , l_{b2} — ширина выработанного пространства в центре лавы, со стороны транспортной и вентиляционной выработок, соответственно; γ_1, γ_2 — угол разворота монтажной камеры и лавы относительно нормали к направлению отработки выемочного столба, соответственно; $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$ — полный угол разворота очистного забоя; $ABCD$ — опорный контур.

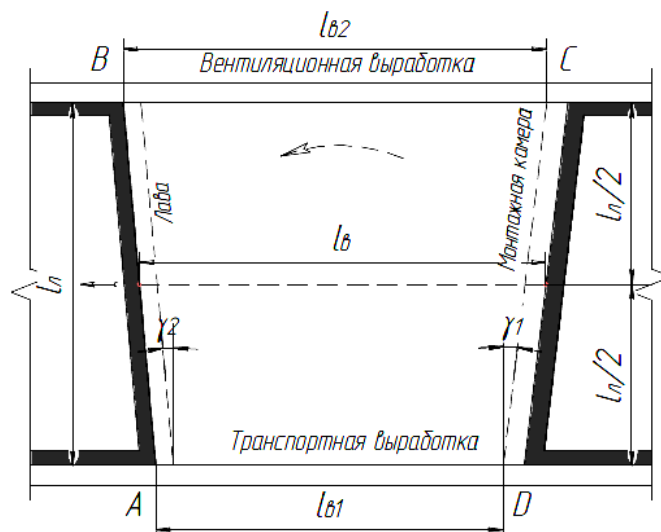


Рисунок 1 — Схема изменения положения линии очистного забоя после разворота лавы

Принимая во внимание большое количество исследуемых факторов, влияющих на шаг первичной осадки основной кровли, расчет производился в два этапа: на первом этапе исследовано влияние h_0 , $\sigma_{сж}$ и H , а на втором — γ_1, γ_2 и $l_{л}$.

Первоначально спланирован факторный эксперимент с возможностью учета взаимодействия факторов между собой. При этом: $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$; $l_{л} \gg l_{лmax}$.

На основании проделанных ранее исследований [7, 8] установлено, что предел прочности и мощность труднообрушаемой кровли наилучшим образом коррелируют с шагом первичной осадки в степенной зависимости (показатель степени 0,5), в то время как глубина разработки H — в обратной, в связи с чем, значения данных факторов будут использованы с учетом этих зависимостей. Диапазоны варьирования факторов составляли $\sigma_{сж} = 60 \dots 180$ МПа, $h_0 = 5 \dots 50$ м, $H = 600 \dots 1400$ м.

Исследования показали, что наиболее значимым оказалось взаимодействие всех трех исследуемых факторов. После преобразования кодированных факторов к натурным получена следующая регрессионная модель

$$Ш_{0\infty} = f(\sigma_{сж}, h_0, H) = 39 + 336 \cdot \frac{\sqrt{\sigma_{сж} \cdot h_0}}{H}, \text{ м}, \quad (1)$$

где $Ш_{0\infty}$ — шаг первичной осадки основной кровли при $l_{л} \gg l_{лmax}$.

В результате расчетов первого этапа исследований величина шага первичной осадки основной кровли $Ш_{0\infty}$ находилась в диапазоне 43...95 м.

На втором этапе исследований рассмотрено взаимное влияние угла разворота очистного забоя при отходе от монтажной камеры, а также длины лавы на характер разрушения пород основной кровли. Проведенные аналитические исследования показали, что углы разворота монтажной камеры γ_1 и линии очистного забоя γ_2 равнозначны с позиции устойчивости слоя кровли. Следует отметить, что увеличение значения угла γ_1 приводит к росту потерь угля в

охранных целиках между монтажной камерой и подготавливающей выработкой, поскольку минимальная ширина целика регламентируется действующим нормативным документом [9]. Увеличение угла разворота лавы γ_2 приводит в первую очередь к организационным помехам, поскольку возникает необходимость в наращивании конвейера и крепи очистного забоя. Как показал опыт, на практике значение этого угла принимается не более $20\text{--}30^\circ$ [4]. В дальнейшем исследовался полный угол γ разворота лавы. Диапазоны варьирования исследуемых факторов на втором этапе составляли $\gamma = 0\text{--}40^\circ$, $l_{\text{л}} = 150\text{--}300$ м, $Ш_{0\infty} = 40\text{--}100$ м.

После выполнения расчетов анализировался характер обрушения, а также величина первичного шага осадки кровли.

По результатам исследований построен график (рис. 2) — эмпирическая пространственная поверхность, определяющая характер осадки кровли.

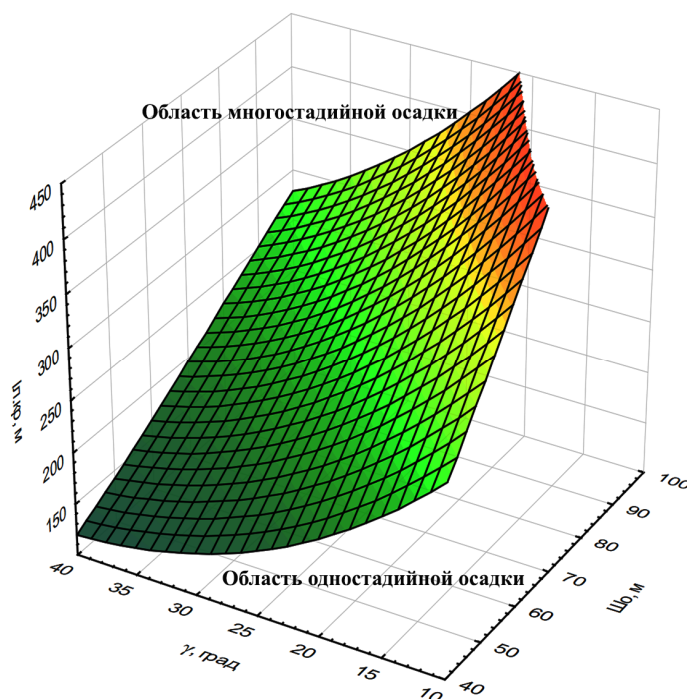


Рисунок 2 — График для определения характера осадки кровли

Пересечение по осям значений трех факторов дает некоторую точку. Если точка располагается выше полупространства, ограниченной поверхностью, то режим осадки — многостадийный и целесообразно применение технологии поэтапного разворота очистного забоя, в противном случае — разворот лавы не эффективен.

Получено условие, при котором наблюдается многостадийная осадка основной кровли

$$l_{\text{л}} > l_{\text{л.кр}} = 99,1 \cdot \frac{Ш_{0\infty}}{\gamma}, \text{ м.} \quad (2)$$

Проанализируем зависимость (2). При отсутствии разворота очистного забоя ($\gamma \approx 0^\circ$) значение $\lim_{\gamma \rightarrow 0} l_{\text{л.кр}} = \infty$, т. е. при любом сочетании длины лавы и горно-геологических условий многостадийность осадки основной кровли не обеспечивается. Увеличение угла разворота очистного забоя приводит к снижению критического значения $l_{\text{л.кр}}$, что существенно повышает вероятность многостадийной осадки.

На основании проведенных исследований получена эмпирическая зависимость для прогноза шага первичной осадки основной кровли

$$Ш_0 = \begin{cases} 1,82 \cdot Ш_{0\infty} - 1,9 \cdot \gamma - \text{при } l_{\text{л}} > l_{\text{л.кр}}; \\ \frac{Ш_{0\infty} \cdot l_{\text{л}}}{l_{\text{л}} \cdot \cos^{-1} \gamma - Ш_{0\infty}} - \text{при } l_{\text{л}} \leq l_{\text{л.кр}}. \end{cases} \quad (3)$$

Значение $Ш_{0\infty}$ вычисляется по формуле (1). Вторая составляющая условия (3) определена исходя из величины эквивалентного пролёта [10].

Следует отметить, что осадка кровли произойдет в тот момент, когда ширина выработанного пространства в центре лавы достигнет критического значения (3), т. е. $l_g = Ш_0$.

Выводы: на основании численного моделирования установлены наиболее влияющие горно-геологические и горнотехнические факторы на величину шага первичной осадки кровли. При определенных сочетаниях длины очистного забоя, угла его разворота, а также горно-геологических условий осадка кровли осуществляется в несколько этапов, т. е. наблюдается многостадийный режим. Предложены эмпирические зависимости для прогноза шага первичной осадки труднообрушаемой основной кровли в начальный период работы лавы при ее развороте.

Список литературы

1. Журило, А. А. Горное давление в очистных забоях с труднообрушающимися кровлями / А. А. Журило. — М. : Недра, 1980. — 124 с.
2. Овчинников, В. П. Геомеханічне обґрунтування технології управління важкообвальною покрівлею на викидонебезпечних пластах // В. П. Овчинников, Ю. М. Халімендик, В. Д. Петренко, В. П. Романенко. — Луганськ : Книжковий світ, 2005. — 208 с.
3. Клишин, В. И. Комплексный метод снижения удароопасности на угольных шахтах / В. И. Клишин, Г. Ю. Опрук, А. А. Черепов // Уголь. — 2018. — № 9. — С. 56–62.
4. Борzych, А. Ф. Опыт поэтапной первичной посадки кровли в комплексно-механизированных лавах / А. Ф. Борzych, А. П. Болотов, В. Н. Григорьяк // Уголь Украины. — 2009. — № 5. — С. 3–4.
5. Князьков, О. В. Изменение положения линии очистного забоя в пространстве как метод первичной посадки труднообрушаемой кровли / О. В. Князьков, Г. А. Аверин, А. П. Болотов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2007. — Вып. 25. — С. 101–105.
6. Болотов, А. П. Моделирование первичной посадки труднообрушаемой кровли в лаве при поэтапном развороте линии очистного забоя / А. П. Болотов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2012. — Вып. 36. — С. 126–138.
7. Кизияров, О. Л. К вопросу определения первичного шага осадки основной кровли в лаве / О. Л. Кизияров, С. И. Касьян, А. П. Болотов // Материалы Международной конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности — 2017», посвященной 20-летию ВУО МАНЭБ : сб. науч. трудов. — Алчевск : ВУО МАНЭБ, ДонГТУ, 2017. — С. 151–157.
8. Численный анализ влияния длины и скорости подвигания очистного забоя на величину шага первичной осадки кровли / С. В. Куберский, О. Л. Кизияров, А. П. Болотов, Е. Е. Бизянов, Н. В. Коваленко // Новые технологии и проблемы технических наук : сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. — Красноярск, НН : ИЦРОН, 2018. — № 5. — С. 21–25.
9. СОУ 10.1.00185790.011: 2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. — К. : Мінвуглепром України, 2007. — 116 с.
10. Борисов, А. А. Механика горных пород и массивов / А. А. Борисов — М. : Недра, 1980. — 360 с.