

УДК 622.83:622.023.23

к.т.н. Аверин Г. А.,
 асс. Филонюк Ю. В.,
 асс. Корецкая Е. Г.

(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, galagena1959@yandex.ru)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ОБРУШЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ

Приведены результаты исследования периодических осадок пород кровли в очистном забое путём моделирования породных слоёв различной обрушаемости в шахтных условиях.

Ключевые слова: математическое моделирование, метод конечных элементов, периодичность осадок пород кровли, обрушаемость породных слоёв.

Постановка проблемы. Практика ведения очистных работ в угольных шахтах показывает, что успешное и безопасное их выполнение во многом зависит от состояния технической документации, т. е. соответствия принятых технических и технологических решений действующим отраслевым нормативным актам.

Одним из таких документов, которым руководствуются инженерно-технические работники шахт при составлении технологической проектной документации на выемку угля, крепление и управление кровлей в лаве, является «Классификация боковых пород угольных пластов», разработанная в Донецком Угольном институте (ДонУГИ) в конце 60-х годов XX столетия [1]. Согласно этой классификации вмещающие пласт породы характеризуются следующими свойствами: обрушаемость (управляемость) массива пород над пластом, устойчивость нижнего слоя кровли, устойчивость верхнего слоя непосредственной почвы» [2].

Категории устанавливаются по технологическим признакам, геомеханическим критериям и литологическому составу. В качестве основных критериев определения категорий пород в этой классификации приняты технологические признаки, устанавливаемые по опыту работы лавы в аналогичных условиях: по обрушаемости пород — способ управления кровлей с технологическими решениями, необходимыми

ми для их выполнения, а также оптимальные силовые параметры по выбору и расчёту крепи. Принятые пять категорий массива пород ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_4^1$) характеризуются геомеханическими критериями: α — коэффициент конвергенции пород кровли и почвы на 1 м ширины призабойного пространства и мощности угольного пласта 1 м; $Ш_{oi}$ и $Ш_{ni}$ — шаги соответственно первичной и последующих осадок массива кровли; литологическим составом для прогнозирования категории пород по средневзвешенному коэффициенту их крепости (f_{cvi}).

Устойчивость нижнего слоя непосредственной кровли представлена также пятью категориями (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5) и характеризуется геомеханическими критериями: B_i — мощность нижнего слоя непосредственной кровли; Γ_i — расстояние между трещинами основной системы природной трещиноватости слагающих слой пород; D_i — шаг свободного зависания нижнего слоя кровли в выработанном пространстве; литологическим составом для прогнозирования категории пород по коэффициенту крепости (f_i).

Для более точного прогноза поведения непосредственной кровли дополнительно к приведённой классификации для каждого конкретного случая необходимо определять длину консоли зависания пород непосредственной кровли исходя из её прочностных характеристик.

Обрушаемость пород непосредственной кровли в значительной степени оказывает влияние на формирование зоны их беспорядочного обрушения в выработанное пространство после прохода очистного забоя. Практика ведения очистных работ и приведённая классификация свидетельствуют, что в некоторых случаях зона беспорядочного обрушения пород может отсутствовать или быть близкой к вынимаемой мощности пласта или превышать его в несколько раз.

Вышеприведённая классификация обладает рядом существенных недостатков, не позволяющих обеспечить требуемую достоверность прогноза ожидаемых смещений кровли для проектируемого выемочного участка, так как для определения категории кровли используются геомеханические критерии, полученные при ранее обрабатываемых очистных забоях аналогичных пластов. Такие критерии, как шаг первичной и последующих осадок массива кровли ($Ш_{cei}$ и $Ш_{ni}$), шаг свободного зависания нижнего слоя кровли в выработанном пространстве ($Д_i$), полученные в результате усреднённых визуальных наблюдений за состоянием кровли шахтной комиссией и оформленных соответствующим актом, дают значительную погрешность.

Исключить вышеизложенные недостатки позволяет применение математического моделирования методом конечных элементов с использованием методических комплексов типа «ЛИРА» (или ему подобные) для определения периодических (первоначального и последующих) шагов обрушения пород кровли для конкретных горно-геологических условий проектируемого выемочного участка.

Новизной данной работы является прогнозирование относительного опускания пород кровли на расстоянии одного метра от линии очистного забоя и периодических их поднятий, вызванных разрушением пород кровли, определяемых путём создания и просчёта заранее разработанных расчётных схем, использующих метод конечных

элементов, в частности вычислительный комплекс «ЛИРА». Актуальность данной работы значительно возрастает при использовании её для прогнозирования периодических осадок кровли, особенно при отработке пластов с труднообрушаемой кровлей, т. к. эти осадки сопровождаются интенсивными смещениями пород вокруг очистной и примыкающей к ней подготовительной выработок, оказывающих существенное влияние на их устойчивость.

Разработаны расчётные схемы математических моделей, использующие данные стратиграфических колонок, построенных по данным разведочных скважин, расположенных на территории проектируемого участка шахтного поля [3]. Для конкретных условий (расчётов, приведённых в статье) в кровле взяты породы, соответствующие описанию литологического состава категории A_3 по классификации ДонУГИ. Первичное обрушение пород кровли для таких пород составляет от 25 м до 50 м. Критерий α равен 0,0015 м. В расчётной схеме учитываются все породугольные слои, их мощность, глубина разработки, модуль упругости (Юнга), коэффициент Пуассона, пределы прочности пород на сжатие и растяжение, а также угол внутреннего трения и коэффициент сцепления этих пород и угля.

Расчётная схема моделируемой области представляет собой прямоугольник размерами 3465 м (по простиранию) и 1150 м (по глубине), которая аппроксимирована прямоугольными элементами. Ширина каждого элемента равна 5 м или устанавливается равной подвиганию очистного забоя за установленный промежуток времени, например за сутки. Высота колеблется от 0,1 до 7 м, в зависимости от мощности породугольных слоёв. Граничные условия — узлы основания не перемещаются по всем направлениям ниже 1100 м (несжимаемая толща), по бокам узлы прямоугольников расчётной схемы закреплены по простиранию и не перемещаются.

Подвигание очистного забоя осуществляется пошаговой выемкой прямоуголь-

ных элементов угольного пласта, за каждый шаг — один прямоугольник. Вычислительный комплекс работает в режиме упруго-пластической деформации для грунтов [3].

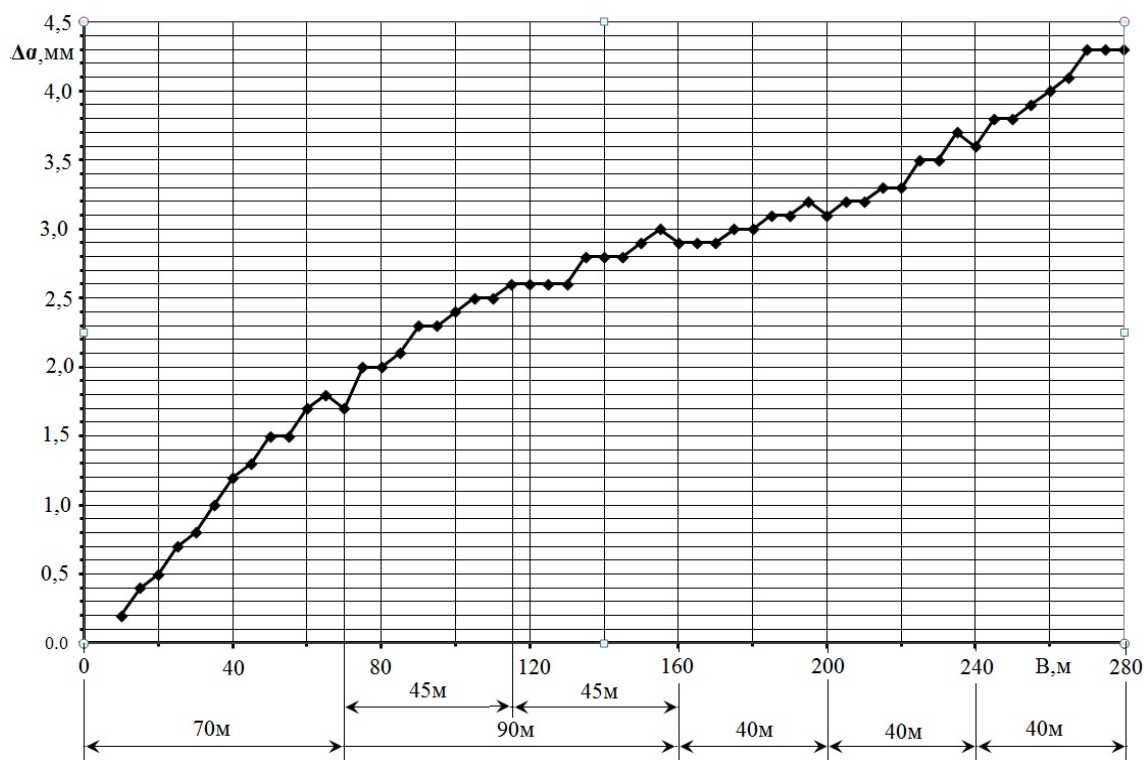
По мере подвигания очистного забоя используемая программа определяет разрушенные элементы и автоматически их не учитывает в дальнейших расчётах во время итерации.

Во время появления неустойчивого равновесия вышележащих пород кровли происходит разрушение и, соответственно, нагрузка на краевую часть угольного пласта падает. При построении графика анализируется приращение оседания кровли и её поведение ($\Delta\alpha$, мм) по мере подвигания очистного забоя (B , м), по которому можно определить периодичность (первичный и последующий) шагов обрушения пород кровли (см. рис. 1). В качестве критерия определения первичного и последующих

шагов обрушения кровли принято приращение её оседания на расстоянии 1 м от линии очистного забоя.

По мере подвигания очистного забоя приращения оседаний кровли в основном увеличиваются. В местах, где приращения оседаний кровли стабилизируются, т. е. становятся равными, или резко уменьшаются (когда приращения уравниваются), можно предположить, что происходят незначительные разрушения. Когда относительное приращение уменьшается, можно предположить, что происходит обрушение пород кровли.

Так, на рисунке 1 видно, что первичное оседание равно 70 м, вторичное и третичное обрушения ярко не выражены из-за их различного обрушения и распора между собой — в среднем по 45 м каждый, что вместе составляет 90 м. Дальнейшие обрушения по 40 м.



$\Delta\alpha$ — приращение оседания пород кровли на расстоянии 1 м от линии очистного забоя, мм;
 B , — величина выработанного пространства по мере подвигания очистного забоя, м

Рисунок 1 Зависимость приращения оседаний ($\Delta\alpha$, мм) крепкого нижнего слоя кровли от величины выработанного пространства по мере подвигания очистного забоя (B , м)

Выводы и направление дальнейших исследований:

– в качестве критерия по определению периодических осадок кровли принято приращение её оседания и периодических поднятий на расстоянии 1 м от линии очистного забоя в конкретных горно-геологических условиях. В точках поднятия относительных приращений и происходит обрушение кровли;

– указанный выше критерий позволит прогнозировать периодичность осадок

кровли путём просчёта заранее разработанных расчётных схем для конкретных горно-геологических условий разрабатываемого угольного пласта методом конечных элементов с использованием вычислительного комплекса «ЛИРА»;

– полученные результаты в дальнейшем можно использовать в качестве аргументированного подхода к определению нагрузки на крепь при первичной и периодических осадках кровли.

Библиографический список

1. Давидяни, В. Т. Совершенствование способов и средств управления кровлей на шахтах Донбасса [Текст] / В. Т. Давидяни. — М. : Недра. — 1969. — 280 с.
2. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. Руководство : КД 12.01.01.503-2001 [Текст]. — К. : Минтопэнерго Украины, 2002. — 141 с.
3. Аверин, Г. А. Математическое моделирование первичного и последующего шагов обрушений кровли [Текст] / Г. А. Аверин, В. Г. Ларченко, Е. Г. Корецкая, А. П. Болотов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2015. — № 2. — С. 3–7.

© Аверин Г. А.© Филонюк Ю. В.© Корецкая Е. Г.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А., гл. маркшейдером Филиала «Шахта им. XIX съезда КПСС» «Центруголь» Кияненко Н. А.

Статья поступила в редакцию 30.05.18.

к.т.н. Аверин Г. О., Филонюк Ю. В., Корецька О. Г. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, galagena1959@yandex.ru)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ОБВАЛЕННЯ ПОРІД ПОКРІВЛІ

Наведено результати дослідження періодичних осідань порід покрівлі в очисному вибою шляхом моделювання порідних шарів різної зрушеності у шахтних умовах.

Ключові слова: математичне моделювання, метод кінцевих елементів, періодичність осідання порід покрівлі, зрушення порідних шарів.

PhD Averin G. A., Filoniuk Yu. V., Koretskaia E. G. (DonSTU, Alchevsk, LPR, galagena1959@yandex.ru)
TECHNIQUE OF DETERMINING THE REGULARITY OF ROOF CAVING

There have been given the research results of the repetitive roof subsidence in a breakage face by modeling the rock layers of different caving in the mine.

Key words: mathematical modeling, finite element method, roof subsidence regularity, layer caving.