

## ПРОГНОЗ МАЛОАМПЛИТУДНЫХ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ ВМЕЩАЮЩИХ УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ПОРОД

пнж. Гладкая Е.В. (*Институт физики горных процессов НАН Украины*)

В настоящее время, ведение горных работ при разработке угольных месторождений связано с постоянным ухудшением горно-геологических условий добычи угля. Одним из основных геологических факторов, осложняющих проведение горных работ, являются разрывные нарушения угольных пластов, вызванные тектоническими процессами.

Известно, что близость горных выработок к системам тектонических нарушений существенно снижает их устойчивость за счет повышения интенсивности проявления горного давления, в зонах тектонических нарушений ухудшаются условия эксплуатации подготовительных и очистных выработок, часто проявляются горные удары, внезапные выбросы угля и газа.

Как показывают многочисленные исследования устойчивости горных выработок, сооружаемых в геологических нарушениях, вопросы установления размеров зон влияния нарушений по длине выработки и изучения характера и особенностей проявления горного давления в выработках в период их сооружения в районе нарушений изучены не достаточно полно.

Крупно - и среднеамплитудные нарушения сплошности горных пород достаточно достоверно выявляются и прослеживаются геологоразведочными работами и поэтому не оказывают значительного воздействия на добычу угля, являясь естественными границами шахтных полей и выемочных участков. Особый интерес вызывают малоамплитудные тектонические нарушения, которые являются наиболее многочисленными и при внезапном своем проявлении оказывают существенное влияние на все звенья технологического цикла.

При определении размеров зон влияния разрывного нарушения используются различные факторы, влияющие на механическое состояние массива. Но наиболее соответствующее действительности представление основано на использовании таких показателей, как параметры разрывного нарушения, физико-механические свойства вмещающих выработку пород, а также глубина разработки.

Для решения различных задач производства, особенно в зонах тектонических нарушений, зачастую привлекаются методы шахтной геофизики. Наибольшее развитие получили методы сейсморазведки и электроразведки, которые применяются также для решения задач по оценке устойчивости кровли и по разведке тектонических нарушений угольных пластов [1, 2].

Однако анализ точности определения параметров разрывных нарушений существующими на сегодня методами, основанными, на использовании

основных физико-механических свойств углей и пород показывает, что наибольшие погрешности до (40%) приходится на диапазон амплитуд до 3 м, которые являются наиболее многочисленными [3].

Так, согласно многочисленным исследованиям, проведенным в области изучения тектонических структур, различные свойства пород (как физико-механические, так и физические) изменяются только при невысоких степенях эпигенеза пород и больших амплитудах нарушений в весьма узких (10-15 м) зонах породы, примыкающих к трещине разрыва с обеих сторон. За пределами этой зоны влияние тектонических нарушений на свойства пород не обнаруживаются. Малоамплитудные разрывные нарушения существенных изменений базовых свойств пород не вызывают. Зачастую, скачок свойств в зонах тектонических разрывов с малыми амплитудами (до 10 м), приурочен непосредственно к трещине разрыва. При высокой стадии метаморфизма (на стадии антрацитов) изменения свойств при тектонических движениях практически не наблюдаются [2]. Это подтверждается, как региональными исследованиями по площади угольных бассейнов и их разрезам, так и локальным изучением различных тектонических структур.

Согласно результатам исследований, полученным в работе [4] при изучении тектоники угольных месторождений, наряду с прочностными и деформационными показателями целесообразно рассматривать эффективную поверхностную энергию (ЭПЭ), которая характеризует энергетические затраты на образование новой поверхности. ЭПЭ - интегральная характеристика, функционально связанная с прочностными и деформационными показателями твердых тел.

В настоящее время величина ЭПЭ представляет наибольший интерес для практики, как характеристика, интегрально учитывающая все энергопоглощающие процессы локализованные непосредственно перед фронтом трещины. В отличие от используемых для оценки разрушения горных пород прочностных и деформационных характеристик, ЭПЭ оценивает все механизмы разрушения (продольный сдвиг, поперечный сдвиг по критически ориентированным трещинам и отрыв).

В результате проведенных исследований и наблюдений за изменчивостью физико-механических характеристик горных пород в зонах малоамплитудных разрывных нарушений было установлено, что эффективная поверхностная энергия наиболее полно характеризует неоднородность свойств массива, вызванную действием тектонических напряжений. Ее абсолютные значения в зонах разрывов изменяются в 2-3 раза.

Изменение значений ЭПЭ изучаемых пород относительно фоновых наблюдается уже при подходе к разрывным нарушениям. Так, величина ЭПЭ вмещающих угольный пласт пород в районе малоамплитудных тектонических нарушений на 50-80% меньше фонового значения, определенного в ненарушенной части угольного пласта. При этом перепад величины ЭПЭ пород увеличивается с увеличением амплитуды нарушений, как для сбросового типа так и для выбросов (надвигов).

Согласно, литературным данным известно, что в результате процессов,

инициируемых в горной породе внешним воздействием, происходит изменение дефектности ее структурных элементов. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений сопровождается структурно-фазовыми превращениями порообразующих минералов. Так, в основном порообразующем минерале песчаников – кварце при этом поочередно происходит ряд структурных переходов:

$\alpha$  – кварц  $\leftrightarrow$   $\beta$  – кварц  $\leftrightarrow$   $\beta$  – гридмит  $\leftrightarrow$   $\beta$  – кристобалит  $\leftrightarrow$  расплав.

Дальнейшие исследования и наблюдения, показали, что подобные структурные преобразования являются результатом действия тектонических напряжений. Так, в углевещающих песчаниках из зон влияния разрывных нарушений, были обнаружены полиморфные превращение кварца, типа  $\alpha \rightarrow \beta$  - переход. Появление в песчанике  $\beta$  - кварца (до 100%), в качестве основной фазы, является границей действия повышенных напряжений в угольном пласте, что весьма важно при прогнозе тектонических разрывов с различной амплитудой смещения.

С полиморфными превращениями, вызванными тектоническими напряжениями тесно связаны перепады эффективной поверхностной энергии песчаников и модуля упругости. Следует отметить, что в зонах тектонических нарушений ЭПЭ изменяется с модулем упругости синфазно (в точке  $\alpha \rightarrow \beta$  - перехода экстремумы модуля упругости и ЭПЭ совпадают) [5].

На основе, полученных в результате исследований закономерностей изменения физико-механических свойств кварцсодержащих горных пород (песчаники, песчанистые сланцы) и их связи с преобразованием структуры основного порообразующих минерала кварца, протекающих под действием тектонических процессов, был разработан метод прогноза малоамплитудных разрывных и определения их параметров (амплитуда смещения, ширина зоны влияния).

Данный метод позволяет определять, либо уточнять координаты не вскрытого горными выработками разрыва с диапазоном амплитуд 0,05-3 м.

Для прогноза малоамплитудных разрывных нарушений, с учетом характера проявления горного давления в выработках в период их сооружения в районе упомянутых нарушений был разработан комплексных показатель:

$$K_{\Gamma} = \sqrt{\frac{(\gamma \cdot H)^2 \pi (1 - \nu^2) l}{2EG}} \quad (1)$$

где  $\gamma$  - объемный вес пород,  $\text{Мн/м}^3$ ;  
 $H$  - глубина заложения выработки, м;  
 $l$  - критическая длина трещины, м;  
 $G$  - эффек гивная поверхностная энергия,  $\text{Дж/м}^2$ ;  
 $E$  - модуль упругости,  $\text{МПа}$ ;  
 $\nu$  - коэффициент Пуассона.

Установление параметров нарушения (зоны влияния и амплитуды) производится по критерию, отражающему интенсивность изменения комплексного показателя  $K_{Г}$ . Для удобства (повышения точности определения местоположения нарушений) был предложен относительный показатель:

$$k_n = K_{Г\text{тек}} / K_{Г\text{фон}} \quad (2)$$

где  $K_{Г\text{тек}}$  – значение  $K_{Г}$  на  $i$ -м метре выработки;

$K_{Г\text{фон}}$  – фоновое значение  $K_{Г}$ , определенное в непарушенной части угольного пласта.

Проявление разрывной тектоники в горном массиве характеризуется значением  $k_n \geq 1,5$ .

Данный метод позволяет осуществлять прогноз малоамплитудных разрывных нарушений на разных глубинах отработки угольного пласта (до 1000 м), т.к. значение  $k_n$  находится в зависимости только от параметров разрыва.

В результате статистической обработки материалов исследований, была получена корреляционная зависимость (коэффициент корреляции  $R = 0,96$ ) между шириной зоны аномальных значений  $k_n$  ( $L$ , м) и амплитудой нарушения ( $H$ , м). Она описывается уравнением:

$$L = 4,1207e^{0,82H} \quad (3)$$

Полученная зависимость, хорошо согласуется с ранее установленной сотрудниками ПО «Укруглегеология» связью между шириной зоны влияния нарушений и амплитудой. Это позволяет принять аномальные изменения величины  $k_n$  за границу зоны влияния малоамплитудного нарушения.

При дальнейшем исследовании было установлено, что между критерием  $k_n$  и шириной зоны влияния разрывного нарушения (в одну сторону от сместителя) существует линейная связь  $L = f(k_n)$ , в виде функции

$$L = 8,4673 k - 9,11. \quad (4)$$

Для более удобного пользования полученных в результате исследования зависимостей (2, 3, и 4) предлагается номограмма, позволяющая определить, не вскрывая координаты и параметры разрывного нарушения по величине  $k_n$  (рис 1).

Для установления надежности полученного критерия  $k_n$  была проведена проверка предлагаемого метода прогноза в производственных условиях в условиях шахты «Глубокая» при прохождении подготовительных выработок по плану  $H_1$  (гор. 460 м).

В пределах поля шахты «Глубокая» исследовались алевролиты и песчанники  $h_2, h_3$ , непосредственной кровли угольного пласта  $h_4$ , содержащего тонкий мрамр  $T$ , Песчанник слоистый от светло-серого до темно-серого,

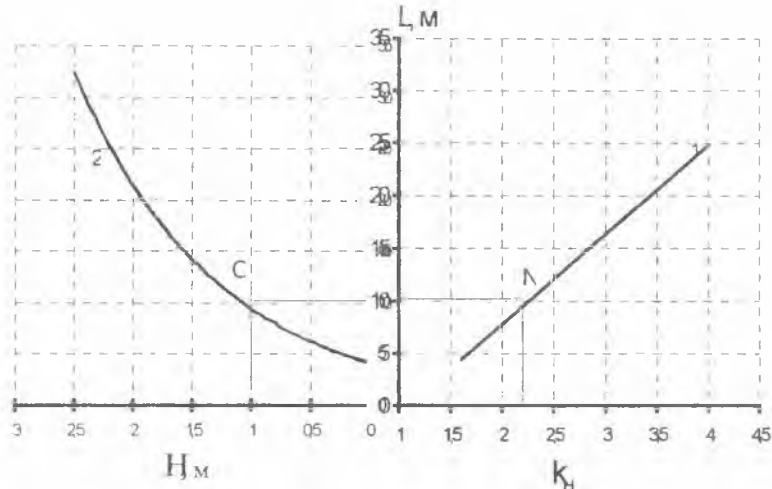


Рис.1. Помограмма для определения размеров зон влияния нарушений по перепадам ЭПЭ:  $K_n$  – интенсивность изменения комплексного показателя  $K_{\Gamma}$ ,  $H$  – амплитуда разрыва, м;  $L$  – ширина зоны влияния нарушения в одну сторону от сместителя, м.

слоистый, трещиноватый. Песчанистый сланец темно-серый, с прослойками песчаника.

Поведенные по предлагаемому методу испытания, показали хорошую сходимость прогнозных и фактических данных.

Так, при прохождении ходка лавы №23 (рис.2) по предварительному геологическому прогнозу ожидалось разрывное нарушение надвигового типа с амплитудой смещения пласта 0,4 м и зоной влияния 10 м (ПК 13 – ПК 14+5 м). Однако, по результатам дополнительных испытаний, проведенных по предлагаемой методике, на всем протяжении указанного интервала изменения величины комплексного показателя  $K_{\Gamma}$ , относительного фонового не превысили критического значения  $K_n \geq 1,5$  ( $K_{n \text{ факт.}} = 0,9$ ). Согласно предлагаемому методу это свидетельствует об отсутствии тектонического нарушения по ходу выработки. При дальнейшем проведении ходка лавы №23 на ПК 15+2 м величина  $K_n$  приняла критическое значение ( $K_{n \text{ факт.}} = 1,7$ ), что соответствует попаданию выработки в зону влияния разрыва с амплитудой смещения пласта 0,5 м. По данному прогнозу положение трещины сместителя предполагалось на ПК 15+7 м. Фактически нарушение было вскрыто на ПК 16.

Применение нового метода прогноза малоамплитудных разрывных нарушений также показал хорошую сходимость прогнозных и фактических данных при прохождении бортовых выработок №16 (ПК 59+5 м), №15 (ПК 154+7 м), ходка лавы №23 (ПК 8+5 м), что позволяет повысить надежность прогнозирования разрывных нарушений с малыми амплитудами.

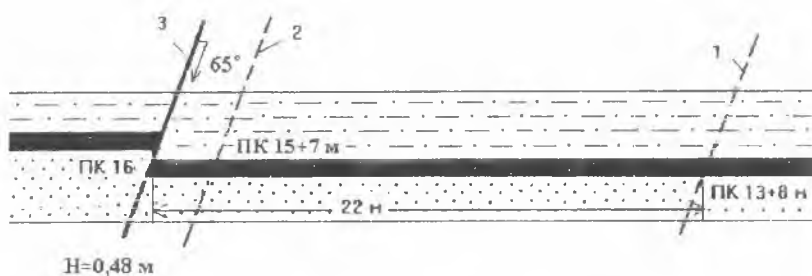


Рис.2. Геологический разрез участка ходка лавы №23 (шх. «Глубокая»): 1 – положение сместителя нарушения по прогнозу методом увязки с разрывом в соседней горной выработке [6]; 2 – положение сместителя нарушения, согласно методу по эффективной поверхностной энергии; 3 – фактическое местоположение разрыва.

Автор выражает благодарность докт. техн. наук, профессору А.Д. Алексееву за ценные советы и замечания при подготовке и проведении исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров И.Я., Яковлев Д.В. Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений. – М. Недра, 1988.
2. В.В. Гречухин, П.А. Бродский, А.А.Климов, И.Т.Козельский, В.Т.Козельская, Б.И.Воевода Геофизические методы изучения геологии угольных месторождений. М.: Недра. 1995. 477с.
3. Н.С. Гарбер, В.Е. Григорьев, Ю.Н. Дупак и др. Разрывные нарушения угольных пластов. ( по материалам шахтной геологии). -Л.: Недра, 1979. 190с.
4. В.Н.Ревва, Е.В.Гладкая, А.Д.Меляков, А.В.Литвинов. Влияние малоамплитудной тектонической нарушенности угольных пластов на трещиностойкость вмещающих пород // Известия донецкого горного института –2001. - №2. –С. 25-28.
5. Гладкая Е.В., Ревва В.Н., Самойленко З.А., Пуценко Е.И. Исследование структурного состояния горных пород в зонах тектонической нарушенности // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк: ДонФТИ. -№3. –2001. – С. 50-57.
6. Геологічні роботи на вуглевидобувних підприємствах України: Інструкція Керівн. норматив. док. М-ва палива та енергетики України. – Донецьк: 2001. –384с.