

І. Горно-техническая секция

Большие пластические деформации как основная причина внезапных выбросов угля, породы и газа

Н.А.Рязанцев, Е.И.Кольчик, А.К.Носач (ДонГТУ)
Король И.Я. (ПО "Красноармейскуголь")

На сегодняшний день существует довольно много попыток объяснить механизм возникновения внезапных выбросов, однако ни одна из них не способна обосновать возникновение ударной волны и вихреобразования, сопровождающих выброс. На наш взгляд, основная причина этого заключается в попытках объяснить выброс с позиций абсолютизированных, абстрактных доделей горного массива, основанных на классических теориях упругости и пластичности. Согласно этим теориям вектор напряжений (внешней нагрузки) и вектор деформаций совпадают по фазе (параметры вида состояния для напряжений и деформаций тождественно равны).

Однако, в реальных твердых телах деформация никогда не совпадает по фазе с внешней нагрузкой. На практике всегда соблюдается периодическая зависимость параметра вида деформационного состояния от напряженного

$$\mu_{\epsilon} = \mu_{\delta} - (a + bK) \sin \pi \cdot \mu_{\delta}$$

где a и b - постоянные материалы;

$$K = \frac{3 + \mu_{\delta}}{3 + \sqrt{3 + \mu_{\delta}^2}}$$

Вектор деформации всегда опережает вектор внешней нагрузки, угол между ними периодически меняется, но практически не превышает 70° . То есть в процессе деформирования и разрушения плоскости скольжения искривляются и приобретают вид логарифмических спиралей. При этом нельзя отождествлять также скорость приложения нагрузки и скорость деформации. Скорость деформации зависит от величины самой деформации, может достигать критических значений (скорости звука в среде) и завершается катастрофическим разрушением:

$$\dot{\epsilon} = \omega \cdot \epsilon$$

где ω - частота колебаний; ϵ - величина деформации.

Поскольку всегда $\omega > 0$, а породы обладают вязкостью, внутренним трением, т.е. представляют собой диссипативную среду, в результате акустического течения в процессе пластической деформации в породах формируется наиболее устойчивая структура - семейство логарифмических спиралей или гипербол (вихревое течение).

Наиболее типичным образом вихревые течения проявляются в условиях, когда размеры области движения (расстояния между двумя отражающими границами раздела) малы по сравнению с длиной волны, но в то же время велики по сравнению с глубиной проникновения вязких волн:

$$\lambda > l > \delta$$

где $\delta = \sqrt{\frac{2\nu}{\omega}}$ - глубина проникновения вязких волн;

$\nu = \eta/\rho$ - кинематический коэффициент вязкости.

То есть

$$\delta = [2\eta/\rho\omega]^{1/2}$$

Первое условие ($\lambda > l$) выполняется, если частоты волн не превышают 1-2 КГц. Второе ($l > \delta$), когда порода фрагментирована пластической деформацией, газонасыщена и кинематический коэффициент вязкости снижен до 1000 кв.м/с. В отсутствие фрагментации и газонасыщения эта величина составляет порядка 10^{10} кв.м/с и вихреобразование не так выражено.

Если направление оси в сторону обнаженной поверхности (груди забоя) - X, а перпендикулярно напластованию -Y, то скорость перемещения вихря в сторону обнажения

$$v_x = -\frac{3}{8} \frac{\omega^2 \varepsilon^2}{c} [6y(1-y) - l^2] \sin 2kx$$

около

$$v_y = \frac{3}{4} \frac{\omega^3 \varepsilon^2}{c^2} \left[\frac{l^2}{4} (y - l/2) - (y - l/2)^3 \right] \cos 2kx$$

Так при скорости звука в угольном пласте $C=1000$ м/с, частоте колебаний $\omega = 500$ Гц, длина волны $\lambda = 4$ м. При мощности пласта 1м и при малых деформациях $\varepsilon=0,01$ $v_x = 0,37$ м/с, $v_y = 0,56$ м/с. При больших деформациях $\varepsilon=0,4$ окружная скорость достигает скорости звука в угле, возникают тангенциальные разрывы и ударные волны. Массоперенос в сторону обнаженной поверхности идет со скоростями десятки, а теоретически даже сотни метров в секунду. Такие явления в практике горного дела называют выбросами, горными ударами. При малых степенях деформации, большой вязкости - это спокойный отжим, выдвигание или высыпание пласта, стрельяния и т.п. Скорость процесса зависит от частоты и амплитуды колебаний, скорости распространения волн, энергоемкости разрушения угля, которые могут выступать в качестве прогнозных параметров.

Таким образом, механизм возникновения выброса можно сформулировать следующим образом. При наличии двух плоских отражающих границ раздела слоев горных пород, расстояние между которыми меньше длины деформационных волн, возникает поле стоячей волны.

Многokrатное синфазное наложение падающих и отраженных волн приводит к увеличению амплитуды колебаний, акустическому течению и фрагментации слоя. Десорбция газа и заполнение им вновь образованных трещин приводит к снижению кинематического коэффициента вязкости пласта и возникновению вихря, перемещающегося в сторону обнаженной поверх-

ности. При больших деформациях возникновение вихря сопровождается ударной волной, приводящей к опрокидыванию вентиляционной струи, значительному отбросу породы, разрушению крепи и оборудования. Выброс - это вихрь в горном массиве.

Выделение углекислого газа в подготовительных выработках

Е.И.Кольчик., В.Н. Нестеренко., Н.И.Лобков.(К.Ф.ДонГТУ)

Известно, что в подготовительные выработки шахт Подмосковского бассейна при стабильном барометрическом давлении выделяется 7% углекислого газа от общего газовыделения по шахте [1]. Одними из основных факторов, влияющих на выделение двуокиси углерода, являются окислительные процессы, протекающие при соприкосновении рудничного воздуха с углем [2]. Причем, более интенсивно выделяется углекислый газ из "свежих" обнажений угольного пласта.

При расчете необходимого количества воздуха для проветривания подготовительных выработок по газовому фактору возникает необходимость в определении ожидаемой углекислотообильности.

При стабильном барометрическом давлении резкое увеличение выделения углекислого газа наблюдается на участках со временем обнажения до 2-3 суток и до 2-3 суток соответственно в штреках, проходимых в массиве угля и "вприсечку" к выработанному пространству. Причем, газообильность выработок, проходимых "вприсечку" к выработанному пространству в 2-2,5 раза выше углекислотообильности выработок, проходимых в массиве угля. Это объясняется влиянием примыкающих к проветриваемым выработкам выработанных пространств. С увеличением времени обнажения угольного пласта выделение двуокиси углерода стабилизируется.

Удельное углекислотовыделение из обнажений угольного пласта при стабильном атмосферном давлении описывается эмпирическим уравнением

$$I_{уд} = a t^{-b}, \text{ м}^3/\text{мин} \cdot \text{м}^2 \quad (1)$$

где: $I_{уд}$ - удельное углекислотовыделение, $\text{м}^3/\text{мин} \cdot \text{м}^2$;

a - коэффициент, равный $2,76 \cdot 10^{-4}$ и $5,8 \cdot 10^{-4}$ для выработок проходимых в массиве угля и "вприсечку" к выработанному пространству соответственно;

t - время обнажения угольного пласта, сутки;

b - коэффициент, равный 0,68 и 0,82 для выработок проходимых в массиве угля и "вприсечку" к выработанному пространству соответственно. Абсолютное газовыделение в подготовительную выработку может быть определено по формуле

$$I = \frac{c \cdot a \cdot v \cdot (t_2^{1-b} - t_1^{1-b})}{1-b}, \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (2)$$

где: I - абсолютное углекислотовыделение в подготовительную выработку, $\text{м}^3/\text{мин}$;