

УДК 622.831.322

ОЦЕНКА СИЛЫ ВНЕЗАПНОГО ВЫБРОСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ РАЗРУШЕНИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ СИЛАМИ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Бондаренко С. В. студент гр. ГПС-211, II курс
Научный руководитель: Шепелева С. А., к.т.н., доцент, зав. каф. физики
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Известно, что внезапные выбросы угля и газа – одна из многих форм реакции горных пород и угольного пласта на внедрение горных выработок в насыщенный газом массив. Одним из показателей выбросоопасности пластов может служить структура угольного пласта и пачек угля [1].

В большинстве случаев пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа, имеют сложную и изменчивую структуру, то есть состоят из пачек угля и прослоек пород различной степени нарушенности. Скачкообразное изменение напряженного состояния и разрушение угля является следствием неоднородности структуры пород, которая происходит вследствие различного рода нагрузок: быстрого и глубокого внедрения выработки в угольный пласт (например, при сотрясательном взрывании); внезапного разрушения горным давлением относительно прочной призабойной части угольного пласта, окруженной менее прочным углем или углем с нарушенной структурой (например, в зонах геологических нарушений); при оседании основной кровли и т.д. В лаборатории внезапных выбросов угля и газа ИГД им. А. А. Скочинского установлено, что скорость газовыделения метана зависит от метаноемкости угля, от размеров кусков угля, образовавшихся при разрушении, а также степени нарушенности этих кусков [2]. Исследование скорости газовыделения при разрушении угля представляет интерес с точки зрения оценки выбросоопасности углей.

На шахте «Березовская» с пласта 26 были отобраны пробы угля согласно разработанной на кафедре физики методике [3]. Одна проба сразу помещалась в герметичный стакан и затем в условиях лаборатории подвергалась циклическому разрушению и измерению давления газа после каждого цикла разрушения ΔP_i . Вторая проба также разрушалась, но после каждого цикла дробления подвергалась ситовому анализу. Суть ситового анализа заключается в рассеивании материала на ситах с разным размером ячеек и определении выхода классов разной крупности в соответствии с ГОСТ 2093-82 [4].

В результате проведения ситового анализа и измерения давления газа были получены значения, которые представлены в таблице.

Результаты определения средневзвешенного диаметра
 удельной интенсивности газовыделения при разрушении

Номер цикла разрушения	$\langle d_i \rangle$, мм	Δv_i , моль/м ³	$V_{исх}$, моль/м ³	q_i , м ³ /(с·м ³)	$Q_э$, м ³ /с	$Q_{кр}$, м ³ /с
1	11,08	20,75	92,87	0,081	0,137	4,54
2	7,76	26,80		0,085	0,144	
3	5,92	30,69		0,088	0,149	
4	4,30	32,85		0,089	0,152	
5	3,83	41,50		0,095	0,162	
6	3,42	47,12		0,099	0,169	

Число моль газа, приходящихся на единицу объёма отобранной пробы угля, рассчитали по формуле:

$$\Delta v_i = \frac{1}{V_y} \frac{\Delta P_i V_r}{zRT_1},$$

где T_1 – термодинамическая температура в лаборатории; z – коэффициент сжимаемости метана; R – универсальная газовая постоянная; V_r – объём пробы газа, который был рассчитан:

$$V_r = V_c - V_y - V_{ст} + \Pi V_y,$$

где $V_c = 0,002971$ м³ – объём герметичного стального стакана; $V_y = 0,00063$ м³ – объём разрушаемой пробы угля; $V_{ст} = 0,00012$ м³ – объём железного стержня; Π – пористость.

Числа моль газа, находящегося в угле до разрушения, приходящихся на единицу объёма отобранной пробы угля, рассчитали по формуле:

$$V_{исх} = \frac{1}{V_y} \frac{P_0 \Pi V_r}{zRT},$$

где P_0 – исходное давление газа в пласте; T – термодинамическая температура угольного пласта.

Далее определили удельную интенсивность газовыделения:

$$q_i = \frac{(v_{исх} + \Delta v_i) zRT}{P_a \Delta t},$$

где Δt – время разрушения; P_a – атмосферное давление.

Экспериментальное значение интенсивности газовыделения в зависимости от средневзвешенного диаметра частиц $\langle d_i \rangle$ на данном участке угольного пласта нашли по формуле:

$$Q_э = q_i \Delta V,$$

где ΔV – объём разрушенного угля:

$$\Delta V = mb \Delta l,$$

где m – мощность угольного пласта; Δl – размер разрушенной зоны по простиранию пласта; b – ширина разрушенной части пласта по падению или восстанию.

В расчетах значения параметров принимались равными: $\Delta l = 0,8$ м; $m = 1,42$ м; $b = 1,5$ м; $\Pi = 0,055$; $z = 0,888$; $P_0 = 10^6$ Па; $T_1 = 300$ К; $R = 8,31$ Дж/моль·К; $T = 288$ К; $\Delta t = 60$ с; $P_a = 10^5$ Па.

Для того, чтобы понять, является ли данный участок угольного пласта выбросоопасным, необходимо сравнить его интенсивность газовыделения с критическим значением. Для определения критического значения газовыделения на данном участке выработки необходимо воспользоваться формулой [5]:

$$Q_1 + Q_2 = \left(\frac{K_p m b}{\mu} \right) \left[\frac{N \psi}{\xi} + \gamma_y \left(f \cos \alpha + \frac{\xi f m}{b} \cos \alpha \pm \sin \alpha \right) \right],$$

где K_p – коэффициент газопроницаемости разрушенного угля, который можно принять равным 10^{-10} м²; μ – динамическая вязкость газа, которая равна для метана $7,76 \cdot 10^{-6}$ Па·с; N – несущая способность разрушенного угля, которая не превосходит $2 \cdot 10^5$ Па; $\psi = 2 \xi f \frac{b+m}{bm}$ – расчетный коэффициент; ξ – коэффициент бокового распора, который принимается в пределах $0,3 \div 0,8$; f – коэффициент трения угля, который находится в пределах $0,3 \div 0,5$; $\gamma_y = 1320$ кг/м³ – удельный вес угля; $\alpha = 11^\circ$ угол падения пласта; Q_1, Q_2 – интенсивность газовыделения на фронте разрушения и из разрушенного угля соответственно. Газовыделением на фронте волны разрушения Q_1 пренебрегаем, так как суфляры отсутствуют, тогда $Q_2 = Q_{кр}$.

Так как $Q_3 < Q_{кр}$, данный участок угольного пласта не является выбросоопасным.

Определим при каком объеме разрушенного угля участок пласта станет выбросоопасным. Для этого рассчитаем интенсивность газовыделения в зависимости от средневзвешенного диаметра частиц $\langle d_i \rangle$ и размера разрушенной зоны по простиранию пласта Δl . Результаты расчетов представлены графически на рисунке.

Участок угольного пласта переходит в категорию опасного по внезапным выбросам, начиная с крупности частиц $\langle d \rangle = 4,30$ мм и размера разрушенной зоны по простиранию пласта $\Delta l = 12$ м. При этом интенсивность газовыделения будет составлять $Q_3 = 4,55$ м³/с.

Согласно Приказу [6] максимально допустимая концентрация метана вентиляционной струе в лавах, в горных выработках выемочного участка – 1,0 %; в горных выработках с исходящей струей крыла, шахты – 0,75%.

Следовательно, на 1 долю метана должно приходиться 99 долей свежего воздуха. При интенсивности метановыделения $4,55$ м³/с необходимо подавать воздух $Q_v = 99 \cdot 4,55 = 451$ м³/с.

Предложенный метод позволяет по данным ситового анализа разрушенного угля и его сорбционным характеристикам рассчитать количество метана, которое может выделиться из объема угля ΔV в процессе его разрушения, а также оценивать интенсивность подачи воздуха в выработку в зависимости от наличия участков угля различной степени нарушенности.

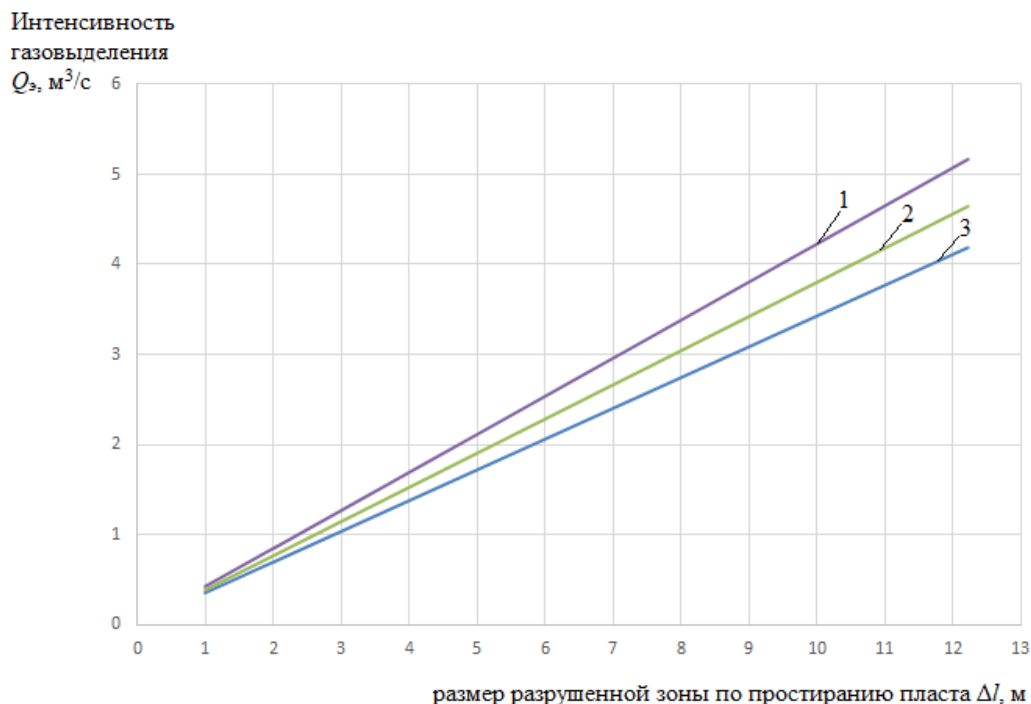


Рис. Интенсивность газовой выделении в зависимости от размера разрушенной зоны по простиранию пласта Δl

- 1 – для средневзвешенного диаметра частиц $\langle d_1 \rangle = 3,42$ мм;
- 2 – для средневзвешенного диаметра частиц $\langle d_2 \rangle = 4,30$ мм;
- 3 – для средневзвешенного диаметра частиц $\langle d_3 \rangle = 11,08$ мм

Список литературы:

1. Борьба с внезапными выбросами в угольных шахтах / Сборник трудов научно-технического совещания, состоявшегося в гор. Донецке в декабре 1960 г. М., 1962 г. – 604 с.
2. Иванов Б. М., Фейт Г. Н., Яновская М. Ф. Механические и физико-химические свойства углей выбросоопасных пластов / М.: Наука, 1979. – 196 с.
3. Методическое руководство по определению потенциально выбросоопасных зон в угольных пластах при очистных работах с учетом механодеструкции угля / КузГТУ, г. Кемерово, 2020. – 25 с.
4. ГОСТ 2093-82 Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава / М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
5. Борисенко А. А. Условия возникновения и механизм внезапных выбросов и других газодинамических явлений в шахтах // Способы и средства разработки выбросоопасных угольных пластов. Научные сообщения ИГД им. А. А. Скочинского. – Вып. 182. – 1979. – С. 3-10.
6. Приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 № 507 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах».