

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ШПУР ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЗАБОЙНОЙ ЧАСТИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

к.т.н. Рубинский А.А. (МакННН Минтопэнерго Украины)

*Розглянуто фізичку сутність початкової швидкості газовиділення у шпурі і можливість досконалення способів оцінки викидонебезпеки вугільних пластів за зміною початкової швидкості газовиділення.*

## ON THE USE OF IN-HOLE GAS EMISSIONS FOR OUTBURST ESTIMATING OF COAL-MEASURE ROCKS

Rubinsky A.A.

*Physical essence of initial gas emission rate in the holes and the possibility of improving outburst estimation methods through the measurement of initial gas emission rate are discussed.*

Исследованиями установлена принципиальная возможность прогнозирования опасных по внезапным выбросам угля и газа призабойных участков пластов по величине абсолютных значений начальной скорости газоразделения из шпуров (скважин).

Рассмотрим физическую сущность начальной скорости газоразделения в шпур.

Горные породы относятся к классу материалов, разнотривляющихся сжатію и растяженію и для которых напряженное состояние является естественным. Наличие горной выработки приводит к разгрузку прилегающей к ней части массива. Разгрузку можно рассматривать как приложение к контуру выработки напряжений, величина которых совпадает с действующими в некотором массиве, но противоположными им по знаку [1].

Пусть в неограниченной плоскости, нагруженной на бесконечности нагрузкой с интенсивностью  $P_0$ , находится скважина радиуса  $R_0$ , контур которой также равномерно нагружен с интенсивностью  $P_0$  рис. 1. При этом вокруг скважины появляются тангенциальные ( $\sigma_r$ ) и радиальные ( $\sigma_r$ ) напряжения. В силу основных положений теории разнотривляющихся сжатію и растяженію сред, в плоской постановке задачи вокруг скважины возникает зона II, ограниченная радиусом  $\rho$ , на котором  $\sigma_r = 0$ . Внутри этой зоны ( $R_0 \leq r \leq \rho$ ) напряженное состояние имеет вид  $\sigma_r > 0$ ,

$\sigma_r < 0$ . В зоне I ( $\rho \leq r \leq \infty$ ) напряженное состояние определится видом  $\sigma_r < 0, \sigma_\tau < 0$ .

Обобщенный закон Гука для двух рассматриваемых зон имеет вид [2]:

для первой зоны

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E^-}(\sigma_r - \nu^- \sigma_\tau), \quad \varepsilon_\tau = \frac{1}{E^-}(\sigma_\tau - \nu^- \sigma_r) \quad (1)$$

для второй зоны

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E^+}(\sigma_r - \nu^+ \sigma_\tau), \quad \varepsilon_\tau = \frac{1}{E^+}(\sigma_\tau - \nu^+ \sigma_r), \quad (2)$$

где  $\sigma_r, \sigma_\tau, \varepsilon_r, \varepsilon_\tau$  - соответственно радиальные и тангенциальные напряжения и деформации;

$E^+, E^-, \nu^+, \nu^-$  - модули упругости и коэффициенты Пуассона при растяжении и сжатии соответственно.

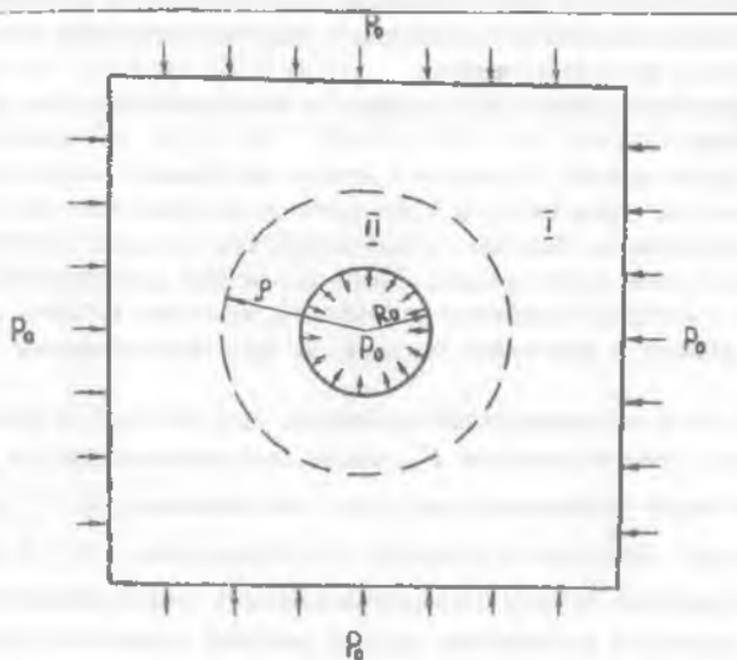


Рис.1. Схема для расчета напряженного состояния массива вокруг скважины.

Уравнения равновесия элемента пространства, справедливые для обеих частей пространства:

$$r \frac{d\sigma_r}{dr} + (\sigma_r - \sigma_t) = 0 \quad (3)$$

и граничные условия:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= -P_0 \text{ при } r = \infty, \sigma_r = P_0 \text{ при } r = R_0 \\ \sigma_r &= 0, \quad U_1 = U_2 \text{ при } r = \rho \end{aligned}$$

где  $U_i$  - нормальные перемещения ( $i = 1, 2$ ).

Из соотношений  $\varepsilon_r = \frac{dU}{dr}$ ,  $\varepsilon_t = \frac{U}{r}$  получим перемещения для первой области:

$$U_1 = \frac{P_0}{4E^-} \frac{1}{r} [2r^2(1 - \nu^-) + \rho^2(2\nu^- + 1)] \quad (4)$$

Перемещения во второй области получим из уравнения:

$$r \frac{d^2U}{dr^2} + r \frac{dU}{dr} + \frac{E^+}{E^-} U = 0, \quad (5)$$

при граничных условиях:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= -P \text{ при } r = R_0 \\ \sigma_r &= 0 \text{ при } r = \rho \end{aligned}$$

$$U_2 = \frac{P_0}{E^-} \left( \frac{1 - \nu^+ \nu^-}{R^{2n} - \rho^{2n}} \right) \left( \frac{R_0}{r} \right)^n \cdot R_0 \left[ \frac{(1 + \nu^+) \rho^{2n} \cdot r^{2n} + (1 - \nu^+)}{(1 - \nu^+)(1 + \nu)} \right]; \quad (6)$$

где  $n = \frac{E^+}{E^-}$ ,

Из (4) и (6) при условии  $U_1 = U_2$  и  $r = \rho$  получим, что радиус  $\rho$  не зависит от уровня напряженности, а определяется физико-механическими свойствами среды.

Фактически угольный массив впереди забоя горной выработки находится в объемно-напряженном состоянии.

Считая поле напряжений в газоносном массиве равнокомпонентным, согласно [3,4], получим распределение напряжений впереди забоя выработки вида, представленного на рис. 2. Как видно из рисунка можно выде-

лить три зоны различающихся по уровню напряженности. Зона I характеризуется напряженным состоянием растяжения. В связи с чем происходит смещение пласта в сторону выработанного пространства. Зона II, в которой имеют место повышенные напряжения. Зона III является переходной к естественному напряженному состоянию массива.

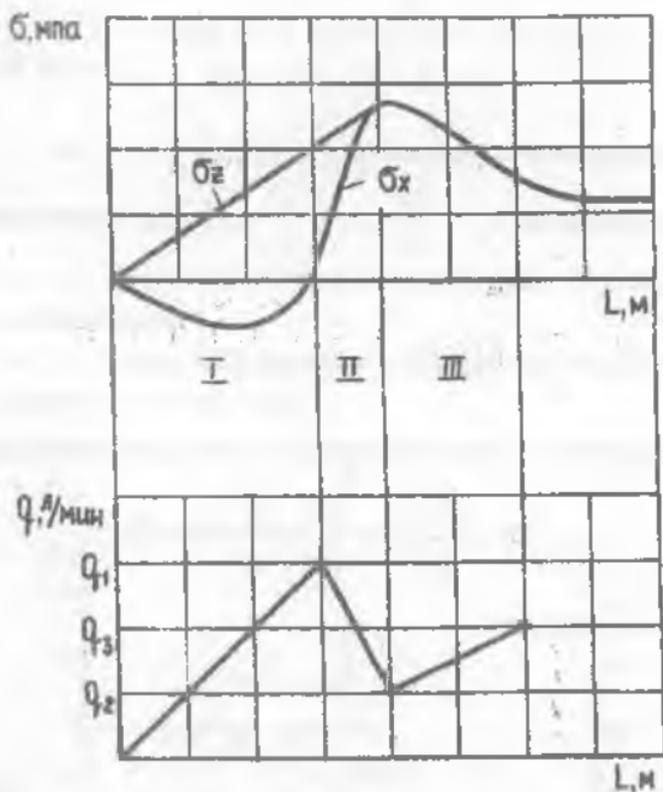


Рис. 2. Теоретические распределения напряжений ( $\sigma$ ) впереди забоя выработки ( $\ell$ , м) (а) и начальной скорости газовыделения в шпур ( $q$ , л/мин) (б).  $\sigma_z, \sigma_x$  - вертикальная и горизонтальная составляющие поля напряжений;  $q_1, q_2, q_3$ , - значения скоростей газовыделения в различных по напряжениям зонах.

Начальную скорость газовыделения можно считать дебитом скважины в момент времени  $t_1 = t_0 - t \approx 0$  ( $t_0$  - время пуска скважины). Предполагая, что начальная скорость газовыделения является функцией газонасыщенности, газопроницаемости и определяется уровнем напряженности разгруженной зоны, создаваемой горизонтальной компонентой [3] при постоянном радиусе питания  $\rho$

$$q = \chi k_0 e^{-a\alpha x}, \quad (7)$$

где  $q$  - начальная скорость газовыделения;

$\chi$  - функция, пропорциональная газоносности пласта;

$k_0$  - коэффициент проницаемости;  $\sigma_x$  - горизонтальная компонента поля напряжений;  $a$  - постоянная.

Значения начальной скорости газовыделения на границах выделенных зон при условии совпадения  $\chi$  составят

$$q_1 = \chi k_0 e; \quad (8)$$

$$q_2 = \chi k_0 e^{-a\sigma_1}; \quad (9)$$

$$q_3 = \chi k_0 e^{-a\sigma_2}. \quad (10)$$

Таким образом, величина начальной скорости газовыделения в шпур, измеренная на различном расстоянии от забоя выработки может характеризовать напряженное состояние угольного массива.

Известные способы прогноза и контроля выбросоопасности, основанные на измерении газовыделения в шпур предполагают измерение абсолютного (максимального) газовыделения в измерительную камеру в течение 2-3 минут с момента окончания бурения шпура (до стабилизации  $q_u$ ). При этом в каждом случае не учитывается величина этого времени измерения.

Бурение шпуров с промывкой и продувкой в известных методах запрещено, т.к. вследствие принудительного удаления выделившегося газа в шпур при его бурении искажаются результаты измерений. Об этом подтверждают исследованиями, проведенными на выбросоопасном угольном пласте  $m_3$  шахты им. К.И. Печенкова ПО "Макеевуголь" (таблица 1).

Измерения проводились в конвейерном штреке. Глубина шпуров 1 и 1' была 2,5 м, 2 и 2' - 3,0 м; длина измерительной камеры - 0,2 м. Герметизация осуществлялась затвором ЗГ-1, а измерение скорости газовыделения - прибором ПГ-2МА.

Шпуры 1' и 2' бурились на расстоянии до 0,5 м от шпуров 1 и 2.

Результаты измерений, приведенные в таблице показывают, что одним из возможных способов прогнозирования выбросоопасных зон по скорости газовыделения в шпур может быть характер изменения начальной скорости газовыделения во времени в зависимости от способа удаления бурового штыба из шпура. Например, возможно использование факта измерения (увеличения) во времени абсолютного значения газовыделения

Таблица 1. Значение скорости газовыделения в шпур в зависимости от различных способах очистки от штыба.

№ шпура	Способ очистки измерительной камеры	Скорость газовыделения (л/мин) через, мин.						
		0,0 <sup>*)</sup>	2	5	7	10	15	20
1.	Буровым инструментом	1,72	1,40	1,27	1,20	1,01	0,82	0,6
1'	Продувкой	0,62	0,6	0,58	0,58	0,52	0,48	0,41
2.	Буровым инструментом	1,40	1,22	1,2	1,67	1,01	0,85	0,82
2'	Продувкой	0,0	1,3	1,3	1,2	1,07	0,60	0,0

<sup>\*)</sup> время от окончания бурения до начала измерений в каждом случае составляло 1,0 мин.

в шпур после продувки его воздухом. Данный способ возможно реализовать после бурения шпура витой штангой и последующей продувкой шпура воздухом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанович Г.Я., Николин В.И., Лысыков Б.А. Газодинамические явления при подготовке глубоких горизонтов. Изд. "Донбасс", Донецк, 1970.
2. Амбарцумян С.А., Хачатрян А.А. К разномодульной теории упругости. МТТ, 1966, № 6.
3. Дихтяр А.А., Зорин А.Н., Синюков Ю.Н. Определение напряженного состояния горного массива вблизи забоя выработки при шелевой нагрузке. "Шахтное строительство", 1973, № 2.
4. Барон Л.И., Керекапица Л.Г. Сопrotивляемость горных пород отрыву. "Наукова думка", К., 1974.