

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗГРУЗОЧНЫХ СКВАЖИН

к.т.н. Стариков Г.П., инж. Мельников Д.В., инж. Волошина Н.И., инж.
Чистоклетов В.Н. (ИФГП НАН Украины)

Були проведені експериментальні дослідження в умовах тривісного стиснення по моделюванню стійкості свердловин в умовах об'ємного напруженого стану. Встановлені параметри свердловини, що забезпечують запобігання ГДЯ в привибійній зоні пласта.

PHYSICS-MECHANICAL GROUND OF PARAMETERS OF UNLOADING MINING HOLES

Starikov G.P., Melnikov D.V., Voloshina N.I., Chistokletov V.N.

Experimental researches in the conditions of triaxial compression on the design of stability of mining holes in the conditions of the by a volume tense state are conducted. The optimum size of diameter of mining hole, which unloading of coal layer is at. is set.

Одним из наиболее распространенных способов предотвращения выбросов угля и газа при ведении очистных и подготовительных работ по выбросоопасным пластам в период с 1950 по 1980 гг. являлось бурение опережающих (разгрузочных) скважин диаметром 250-300 мм [1, 2]. Эффект снижения выбросоопасности при их применении достигался за счет уменьшения напряженного состояния и интенсификации газовыделения в обрабатываемом угольном массиве. Однако с переходом на более глубокие горизонты процесс бурения разгрузочных скважин большого диаметра стал инициатором значительного количества газодинамических явлений (ГДЯ) с тяжелым травматизмом горнорабочих [1, 2].

В настоящее время, несмотря на то, что данный способ не исключен из Инструкции по безопасному ведению горных работ на пластах опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа, тем не менее, объем его применения снизился до минимума. Однако, учитывая высокую эффективность и технологичность разгрузочных скважин, возникла необходимость их совершенствования применительно к существующим горно-геологическим условиям, обуславливающих повышенную газодинамическую активность угольного массива.

Реализация поставленной задачи возможна в двух направлениях: либо повышение давления на забое скважины, либо уменьшение его площади (диаметра). Применение такого подхода ограничит условия развития волны разгрузки в системе «уголь-газ», вызывающей разрушающие напряжения ее в поровом объеме, являющимся аккумулятором метана и снизит вероятность проявления ГДЯ.

Повышение давления на забое скважины наиболее эффективный способ управления процессом бурения в газодинамически активных зонах пласта, учитывая опыт бурения глубоких вертикальных скважин, однако реализация этой технологии требует применения предварительной обсадки устья скважин и специального затвора для отдельного отвода газа и буровой мелочи, что при наличии близкорасположенных скважин не приемлемо. Наиболее перспективным направлением является снижение диаметра скважин.

Несмотря на значительное количество работ посвященных бурению скважин различных диаметров [1-4], тем не менее, отсутствует научное обоснование по определению их диаметра с учетом глубины горных работ, физико-механических свойств угля и степени его газонасыщенности. Для решения этой проблемы в ИФГП НАНУ были проведены экспериментальные исследования по установлению закономерностей деформирования угольных образцов ослабленных цилиндрическими полостями диаметром 0,6 и 1,2 см в условиях объемного неравнокомпонентного нагружения, моделирующего состояние призабойной зоны пласта. Диаметры отверстий рассчитывались с учетом исключения взаимовлияния боковых граней полости и образца и равенства напряжений в сечении, перпендикулярном оси полости напряжением в моделируемом угольном массиве с использованием теории подобия и размерностей [8-10]. Деформирование образцов производилось на установке трехосного сжатия по программе нагружения:

$$\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3;$$

где $\sigma_1 = k\gamma H$ – вертикальная составляющая горного давления,

k – коэффициент концентрации ($k = 2-5$),

γ – средневзвешенный объемный вес горных пород,

H – глубина залегания пласта ($H = 800-1000$ м),

σ_2 – промежуточная составляющая горного давления

$$(\sigma_2 = \frac{V}{1-V} k\gamma H),$$

где V – коэффициент Пуассона,

σ_3 – минимальная составляющая горного давления ($\sigma_3 = \sigma_{сж}$).

Результаты исследований приведены на рис. 1 в виде зависимости

$$\sigma_{ср} = f(\epsilon_{ср}); \text{ где } \sigma_{ср} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3), \text{ а } \epsilon_{ср} = \frac{1}{3}(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3)$$

при нагрузке и разгрузке образцов.

Анализ установленных зависимостей показал, что с увеличением диаметра полостей уровень напряжений в моделируемом угольном массиве снижаются в среднем в 1,15 раз при $D=0,61$ см и в 1,72 раза при $D=1,21$ см, а остаточные деформации достигают величины кратной объему полостей и характеризуют степень уменьшения диаметра скважин. Используя

полученные результаты, можно по зависимости $\sigma_{ср} = f(D)$ определить структуру формулы для расчета диаметра (D) полости (скважины) в виде:

$$D = D_0 \left(1 - \frac{\sigma_{ср}}{\sigma_{пр}} \right), \quad (1)$$

где D_0 – диаметр полости в изотропном упругом слое, моделирующий угольный пласт при условии отсутствия взаимовлияния их границ;

$\sigma_{ср}$ – величина горного давления ($\sigma_{ср} = \gamma H$);

$\sigma_{пр}$ – предельная прочность угля в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия с учетом газонасыщенности.

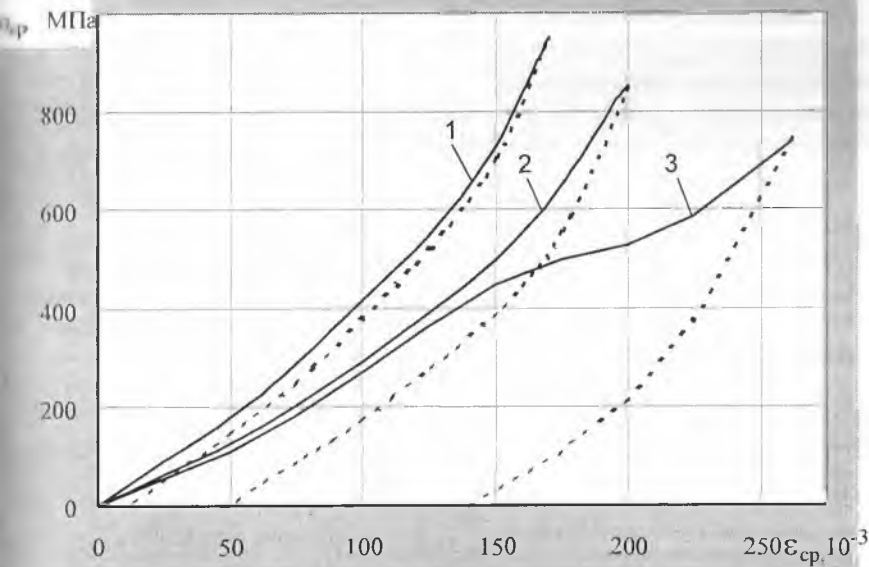


Рис. 1. Зависимость $\sigma_{ср} = f(\epsilon_{ср})$, характеризующая степень деформирования угольных образцов: 1 - без полости; 2 - с полостями $D=0,6$ см; 3 - с полостями $D=1,2$ см.

Параметр D_0 определяется из решения задачи Ляме для толстостенных труб [6] и его величина составляет $D = 0,23m$, где m – мощность угольного пласта. Предельную прочность угля с учетом газонасыщенности необходимо устанавливать для каждого конкретного пласта. Для угля средней стадии метаморфизма с прочностью на сжатие - $\sigma_{сж} > 7,5$ МПа оценку предельной прочности с учетом сорбционной метаноемкости угля (Q) можно производить по формуле [5]:

$$\sigma_{np} = 69,7e^{-0,058Q} + 18,9. \quad (2)$$

Таким образом, в окончательном виде расчетная формула для определения диаметра разгрузочной скважины имеет вид:

$$D = 0,23m \left(1 - \frac{\sigma_{гН}}{69,7e^{-0,058Q} + 18,9} \right) \quad (3)$$

Как было отмечено ранее, эффективность способа предотвращения выбросов угля и газа, основанного на бурении опережающих скважин, зависит от уровня снижения напряженного состояния в призабойной зоне пласта.

Используя установленные закономерности влияния объема полостей на напряженное состояние моделируемого угольного массива (рис. 1) можно получить зависимость $\Delta\sigma_{cp} = f(V)$, представленную на рис.2 и характеризующую степень уменьшения напряженного состояния в процентах от исходного в зависимости от объема эффективной полости.

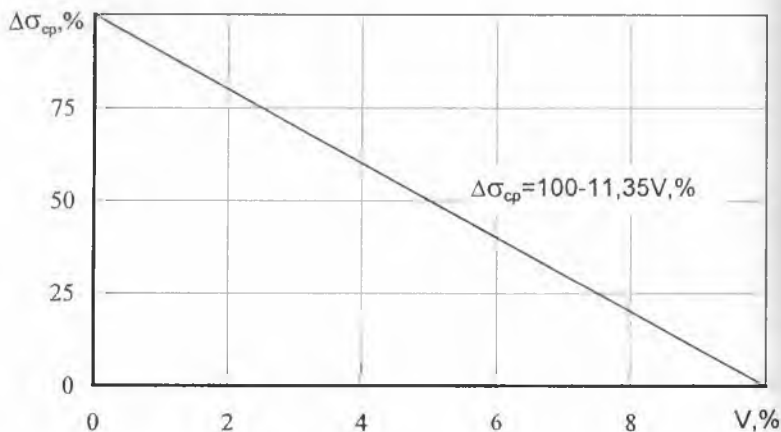


Рис. 2. Зависимость $\Delta\sigma_{cp} = f(V)$

Представленный результат позволяет целенаправленно с учетом газодинамической эффективности пласта принимать объем полостей (число разгрузочных скважин), обеспечивающих необходимый уровень снижения напряженного состояния угольного массива. Критерием снижения уровня напряженного состояния является изменение механизма десорбции метана из угля, который в исходном (неразгруженном) состоянии определяется процессом диффузии, а при снижении $\Delta\sigma_{cp}$ на 30-40% процессом фильтрации [7], обеспечивая ликвидацию природных факторов выбороопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров И.В. Проведение подготовительных выработок на пластах, опасных по выбросам угля и газа. - Макеевка, МакНИИ, 1959. - 200 с.
2. Бобров И.В. Способы безопасного проведения подготовительных выработок на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа. - М., Госгортехиздат, 1961. - 264 с.
3. Чеботков И.П. Бурение глубоких скважин в выбросоопасных пластах Донбасса. - К., Техника, 1964. - 166 с.
4. Чеботков И.П. Подземное бурение скважин на шахтах. Донецк. - 1969.
5. А.Д. Алексеев, Г.П. Стариков, М.Ф. Малюга, О.С. Аносов. Обработка выбросоопасных пластов водными растворами ПАВ. - К., Техника, 1988. - 86 с.
6. Л.С Лейбензон. Курс теории упругости. изд. 2 -е. доп. и исп. М.-Л. Гостехиздат, 1947г. 464с
7. А.Д. Алексеев, Г.П. Стариков, А.Э. Филиппов. Численное моделирование выхода метана из угля с учетом волны разгрузки и раскрытия пористости при изменении напряжений. В сб. «Проблеми гірничого тиску». Вып. 3.- ДонНТУ, 2003. С. 120-151
8. Алексеев А.Д., Недодав Н.В. Предельное состояние горных пород. - Киев: Наук. Думка, 1982. - 200с.
9. Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Бойко И.А. Совершенствование УТС с целью повышения точности измерений //ФТВД.-1987.-№25.-С.23-28
- 10.Седов П.И. Методы теории размерностей и теории подобия в механике. М.: Гостехиздат, 1957. - 428с.