

УДК 622.831.322

Д.В. Мельников

## ОСНОВЫ МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РАЗГРУЗОЧНЫХ СКВАЖИН

Институт физики горных процессов НАН Украины

*Установлена степень влияния пустот разного объема на разгрузку горного массива и представлены основы метода расчета параметров разгрузочных скважин.*

Согласно «Правилам...» [1], расчет диаметра разгрузочных скважин, учитывающего напряженно-деформированное состояние (НДС) горного массива, не предусмотрен. Однако в связи с рядом газодинамических явлений (ГДЯ), произошедших при их бурении диаметром 150–300 мм на глубинах более 800 м, возникла необходимость уточнения этого параметра, поскольку разгрузочные скважины по условиям применения являются наиболее технологичным методом борьбы с ГДЯ, особенно в сочетании с комбайновым проведением выработок [2, 3]. Дальнейшее использование этого метода требует обоснования ряда закономерностей, учитывающих влияние полостей различных объемов на механизм разрушения газонасыщенных углей при разгрузке, активизирующей процессы выбросов угля и газа. Таким образом, установление оптимальных параметров скважин с учетом разной степени выбороопасности угольных пластов на больших глубинах является актуальной научной задачей.

Цель работы заключается в обосновании методики расчета оптимальных параметров разгрузочных скважин, исключая проявление газодинамической активности угольного массива.

Для определения оптимальных параметров разгрузочных скважин необходимо установить степень влияния полостей различного объема на НДС угольного массива.

Для этого были проведены экспериментальные исследования по установлению закономерностей деформирования угольных образцов, ослабленных цилиндрическими полостями диаметром  $D = 0,6-1,2$  см в условиях объемного неравнокомпонентного нагружения, моделирующего состояние призабойной зоны пласта. Деформирование образцов производилось на установке неравнокомпонентного трехосного сжатия (УНТС) по программе нагружения [4]:

$$\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3,$$

где  $\sigma_1 = k\gamma H$  – вертикальная составляющая горного давления,  $k$  – коэффициент концентрации ( $k = 2-5$ ),  $\gamma$  – средневзвешенный объемный вес горных пород,  $H$  – глубина залегания пласта ( $H = 800-1000$  м);  $\sigma_2$  – промежуточная составляющая горного давления ( $\sigma_2 = \frac{V}{1-V}k\gamma H$ ),  $V$  – коэффициент Пуассона;  $\sigma_3$  – минимальная составляющая горного давления ( $\sigma_3 = \sigma_{сж}$ ).

Результаты исследований представлены в виде зависимости  $\sigma_{ср} = f(D)$  (рис. 1).

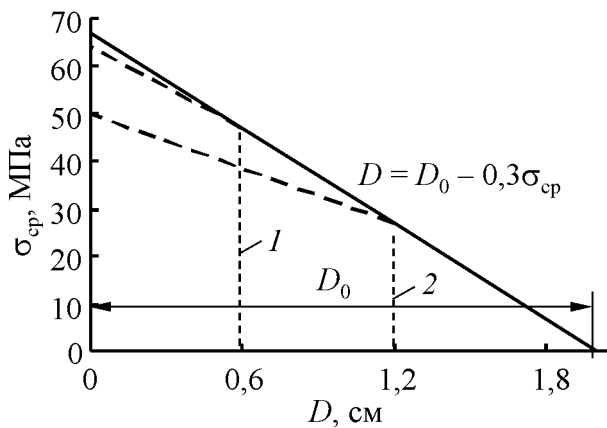


Рис. 1. Зависимость  $\sigma_{ср} = f(D)$ , характеризующая устойчивое состояние полостей в условиях объемного нагружения

Анализ кривых показывает обратно пропорциональную зависимость между диаметром полостей и уровнем средних напряжений, определяющих их устойчивость. Учитывая программу нагружения  $\sigma_{ср} = f(D)$ , можно установить структуру формулы для расчета диаметра разгрузочной полости в размерном виде:

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

где  $D_0$  – диаметр полости в изотропном упругом слое, моделирующий угольный пласт при условии отсутствия взаимовлияния их границ,  $\sigma_{ср}$  – величина горного давления ( $\sigma_{ср} = \gamma H$ ),  $\sigma_1 = \sigma_{пр}$  – предельная прочность угля в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия с учетом газонасыщенности,  $Q$  – газоносность угольного массива.

Параметр  $D_0$  определяется решением задачи Ляме для толстостенных труб [5] 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 5–7 МПа оценку предельной прочности с учетом сорбционной метаноемкости угля ( $Q$ ) можно производить по формуле [4]:

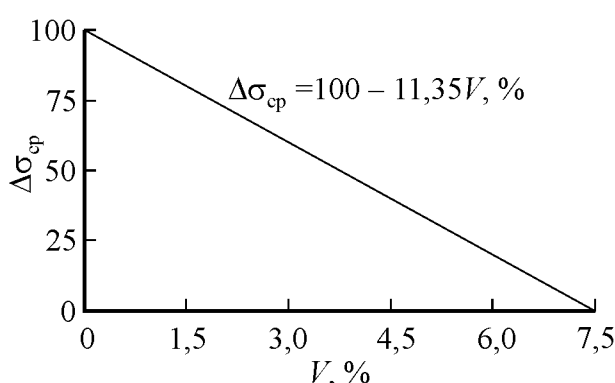
$$\sigma_{пр} = 69,7e^{-0,058Q} + 18,9. \quad (2)$$

Окончательный вид расчетной формулы для определения диаметра разгрузочных скважин в угольном массиве с учетом газонасыщенности:

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

Используя закономерности снижения напряженного состояния моделируемого угольного массива при образовании разгрузочной полости [4], была установлена зависимость  $\Delta\sigma_{\text{ср}} = f(V)$  (рис. 2), характеризующая степень уменьшения напряженного состояния для полостей различного объема:

$$\Delta\sigma_{\text{ср}} = 100 - 11,35V, \% . \quad (4)$$



**Рис. 2.** Зависимость  $\Delta\sigma_{\text{ср}} = f(V)$ , характеризующая уровень снижения напряжений в моделируемом угольном массиве при формировании полостей различного объема

Установленная закономерность позволяет задавать уровень снижения напряженного состояния угольного массива и производить расчет количества скважин  $n$  с учетом диаметра, не вызывающего выбросоопасных ситуаций при бурении. Расчет выполняется по формуле:

$$n = \frac{\Delta V}{V_{\text{скв}}}, \quad (5)$$

где  $\Delta V$  – эффективный объем извлекаемого угля, определяемый по зависимости  $\Delta\sigma_{\text{ср}} = f(V)$  (рис. 2),  $V_{\text{скв}}$  – объем скважины.

Механизм действия опережающих скважин заключается в снижении напряженного состояния угольного массива за счет извлечения объема угля по всей призабойной зоне, упругом ее восстановлении, приводящем к возрастанию газопроницаемости и формированию новых условий, способствующих интенсивной десорбции метана из угля.

В частности, при объеме полости 3,5–4,5 % количество буровых скважин обеспечивает образование непрерывной щели и уровень снижения НДС более чем на 50%. Это в свою очередь вызывает изменение механизма десорбции метана из угля, который в исходном (неразгруженном) состоянии определяется процессом эффективной диффузии, а при уменьшении  $\Delta\sigma_{\text{ср}}$  процессом фильтрации, обеспечивая ликвидацию природных факторов выбросоопасности.

Используя полученные ранее зависимости изменения коэффициента проницаемости  $K$  от  $\sigma_{\text{ср}}$  (рис. 3) [6], можно определить значения  $K$  от уровня изменения напряженного состояния.

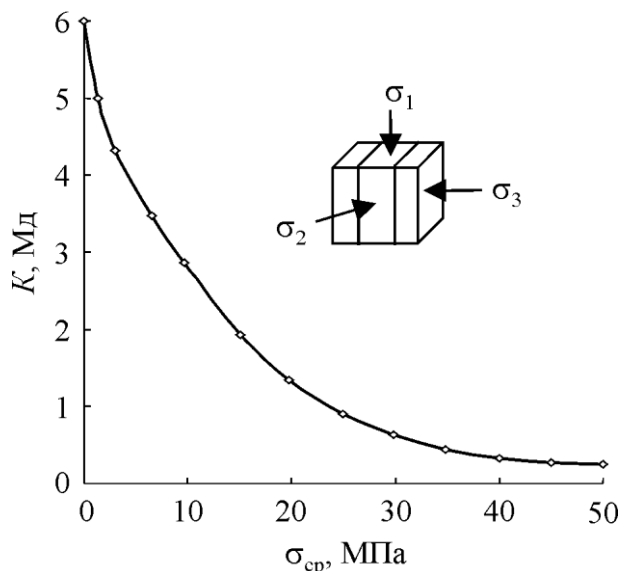


Рис. 3. Зависимость  $K = f(\sigma_{\text{ср}})$ , характеризующая газопроницаемость угля при изменении его напряженного состояния

Учитывая, что движение газа происходит в трещиновато-пористом коллекторе, и предполагая, что в угольном массиве установилась плоскорадиальная фильтрация, время, за которое произойдет снижение газоносности части угольного массива, нужно рассчитывать по формуле [7]:

$$t = \frac{\gamma n h^2 \mu \beta \ln \frac{R_k}{r_{\text{СКВ}}}}{K_{\text{ф}} \left\{ 1 - \left[ 1 - \beta \left( \frac{Q_{\text{п}}}{b(a_c - Q_{\text{п}})} - \frac{Q_3}{b(a_c - Q_{\text{п}})} \right) \right]^2 \right\}}, \quad (6)$$

где  $\gamma$  – объем пор в угле,  $n$  – количество скважин,  $h$  – расстояние между скважинами,  $\mu$  – динамическая вязкость метана,  $\beta$  – комплексный параметр трещиноватости угля,  $R_k$  – радиус притока метана к разгрузочным скважинам,  $r_{\text{СКВ}}$  – радиус разгрузочной скважины,  $K_{\text{ф}}$  – коэффициент проницаемости угля в условиях объемного нагружения,  $Q_{\text{п}}$  – природная метаноносность угля,  $b$  – параметр сорбции,  $a_c$  – предельная сорбционная способность угля,  $Q_3$  – сорбционная метаноемкость, исключая проявление выбросов угля и газа.

Определение комплексного параметра трещиноватости  $\beta$  производится по формуле [7]:

$$\beta = \frac{(1 - 2\nu) l}{E \delta_o}, \quad (7)$$

где  $l$  – среднее расстояние между трещинами,  $\delta_o$  – раскрытие трещин.

Таким образом, для оценки времени десорбции метана до безопасного уровня газоносности (не более 6 м<sup>3</sup>/т) необходимо установить степень снижения напряженного состояния угольного массива с учетом объема эффек-

тивной полости по зависимости (рис. 2), а по графику (рис. 3) определить коэффициент фильтрации.

С использованием этой методологии был проведен оценочный расчет времени снижения газоносности угольного массива для условий 13 конвейерного штрека, проводимого по пласту  $l_1$  – гор. 1170 м шахты им. А.Ф. Засядько, и построена зависимость изменения времени десорбции от количества скважин. Результаты расчета приведены в табл. 1 и на рис. 4.

Таблица 1

Количество скважин, $n$	1	3	6	12	18	24	28
Время десорбции, $T_d$ , ч	411,9	179,4	91,8	56,3	41,0	38,5	34,0

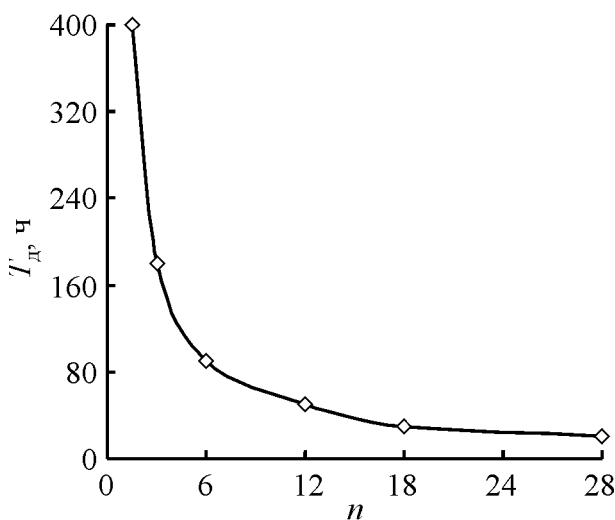


Рис. 4. Зависимость, характеризующая степень влияния количества скважин на время десорбции метана из угольного массива

Анализ результатов показывает, что при извлечении 3,5 % объема угля (28 скважин) время снижения газоносности составит в среднем 34,0 часа.

В целом время десорбции метана из разгружаемого угольного массива зависит от схемы расположения разгрузочных скважин. В частности, наиболее эффективной схемой является образование из скважин непрерывной полости в средней части угольного массива, параллельной почве (кровле) пласта. При объеме полости более 4,5–5% разгрузка от исходного напряженного состояния составит в среднем 70% и проверку времени десорбции метана из угля при любой длине скважины производить не обязательно. В случае любого другого расположения скважин, не обеспечивающих эффективный объем извлекаемого угля и снижение напряженного состояния менее 50%, оценка времени десорбции метана из угля обязательна.

1. Правила ведення гірничих робіт на пластах схильних до газодинамічних явищ [Текст]. – СОУ 10.1.00174088.011–2005. – Київ, МВП України, 2005. – 225с.
2. Бобров И.В. Проведение подготовительных выработок на пластах, опасных по выбросам угля и газа [Текст] / И.В. Бобров. – Макеевка, МакНИИ, 1959. – 200 с.

3. *Чеботков И.П.* Подземное бурение скважин на шахтах / *И.П. Чеботков* [Текст]. – Донецк. – 1969. – 166 с.
4. *Стариков Г.П.* Физико-механическое обоснование параметров разгрузочных скважин [Текст] / *Г.П. Стариков, Д.В.Мельников, Н.И. Волошина, В.Н. Чистоклетов* // Физико-технические проблемы горного производства. – ИФГП НАНУ. – Донецк, 2005. – № 8. – С.129–133.
5. *Лейбензон Л.С.* Курс теории упругости [Текст] / *Л.С. Лейбензон*: изд. 2 –е, доп. и исп. – М.-Л: Гостехиздат, 1947. – 464 с.
6. *Стариков Г.П.* Оценка эффективности параметров разгрузочных скважин в подготовительных забоях в условиях больших глубин [Текст] / *Г.П. Стариков, Д.В. Мельников, В.В. Завражин, В.Н. Чистоклетов* // Физико-технические проблемы горного производства. – ИФГП НАНУ. – Донецк, 2007. – № 10 – С.95–100.
7. *Евдокимова В.А.* Сборник задач по подземной гидравлике [Текст] / *В.А. Евдокимова, И.Н. Кочина*. – М.: Недра, 1979. – 168 с.

**Д.В. Мельніков**

#### **ОСНОВИ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН**

*Встановлено ступінь впливу порожнин різного об'єму на розвантаження гірничого масиву і представлені основи методу розрахунку параметрів розвантажувальних свердловин.*

**D.V. Melnikov**

#### **BASES OF METHOD OF CALCULATION OF PARAMETERS OF UNLOADING MINING HOLES**

*Effect of cavities of different volume on a rock mass stress relief is established and basics of relief well parameters calculation method are presented.*