

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ХАВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗОНЫ ОТЖИМА ПРИ ОТРАБОТКЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АНТРАЦИТОВ

**к.т.в. Стариков Г.П.** (ОФТПП ДонФТИ НАНУ), **инж. Чистокле-  
тов В.И.** (ГХК "Октябрьуголь"), **инж. Месяков А.Д.** (ОФТПП Дон-  
ФТИ НАНУ)

В работах [1,2] установлено, что наибольшее влияние на прочностные и деформационные свойства высокопрочностных антрацитов оказывают водные растворы химически-активных веществ (ХАВ), в частности щавелевая кислота и бихромат натрия. С точки зрения геомеханических процессов, протекающих в призабойной зоне пласта, целесообразно оценить степень их влияния на формирование зоны опорного давления, движущуюся впереди очистного забоя с учетом зоны отжима. Под зоной отжима следует понимать краевую часть пласта у обнажения, где деформации происходят на падающем участке кривой разгрузки. Это связано с тем фактом, что применительно к условиям отработки пластов высокопрочных антрацитов ( $\sigma_{сж} \geq 30$  МПа) с низкими деформационными свойствами, обусловленных их химической структурой, где напряжения на кромке пласта не превышают его прочности, несмотря на влажность в угле в пределах 2,5 - 3,5 %, этот параметр составляет 10 - 20 % от мощности пласта. Целенаправленное управление величиной отжима обеспечит решение целого ряда технологических задач, в том числе, снижение энергоемкости разрушения угля и соответственно улучшение гранулометрического состава, а также улучшение состояния вмещающих пласт пород кровли и почвы.

Этой проблеме посвящено значительное количество работ [3-8], однако практическое использование их затруднительно, поскольку, входящие в структуру расчетных формул показатели, либо физически не обоснованы, либо требуют значительных лабораторных и натуральных исследований.

В настоящей работе приводятся результаты определения зоны отжима и влияние на ее размеры водных составов ХАВ с использованием результатов натуральных и лабораторных исследований с применением установки объемного неравнокомпонентного нагружения, позволяющей моделировать процесс деформирования горных пород и оценивать прочностные и деформационные свойства исследуемых материалов. Наиболее корректное решение по определению зон опорного давления приведено в работе [9]. Следует отметить, что в отличие от авторов работы [9], ассоциирующих

зависимость  $\sigma_1 = f(a)$  как предельное и запредельное состояние призабойной части угольного пласта, мы считаем, что данная зависимость характеризует предельное состояние, формирующееся в результате разгрузки пласта и вмещающих пород.

На рис. 1 приведена схема, характеризующая структуру зоны опорного давления. С учетом этой схемы расстояние от поверхности очистного забоя до максимума горного давления определяется по формуле

$$a = 0,96 \left( \frac{0,5 \cdot m}{1,3 \sigma_{сж} f(W)} |K_1| \right)^{2/3} f(P),$$

где  $\sigma_{сж} f(W)$  - прочность угля на одноосное сжатие, МПа;  
 $K_1$  - коэффициент интенсивности напряжений, соответствующий геометрии выработки

$$K_1 = \sigma_{гн} \sqrt{0,5\pi X_0};$$

$f(P)$  - нормирующая функция,

$\sigma_{гн}$  - величина горного давления, МПа;

$m$  - мощность пласта, м;

$X_0$  - размер выработки, в месте определения зоны опорного давления, м.

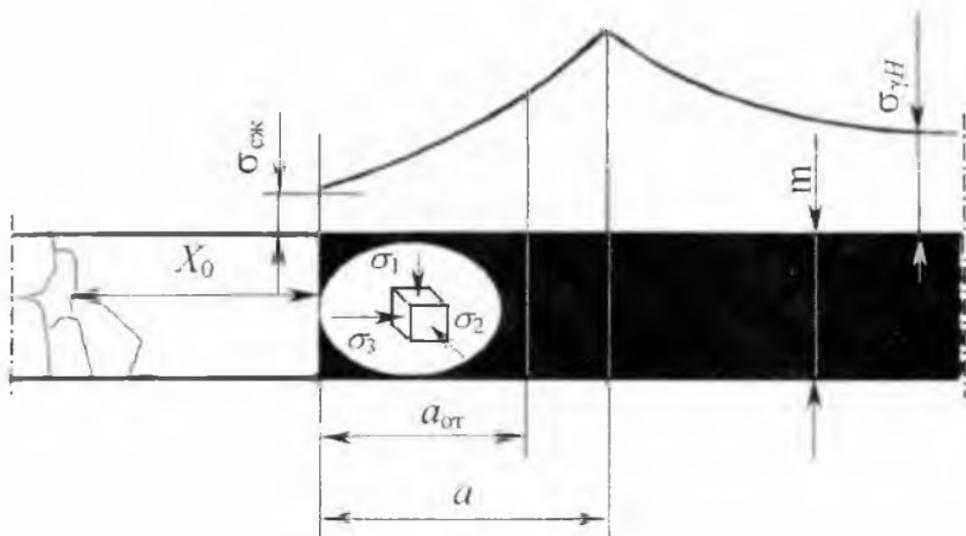


Рис. 1. Схема, характеризующая структуру зоны опорного давления

Напряжение в зоне опорного давления равно

$$\sigma_1 = \sigma_{сж} f(W) + 2,6 \frac{a_{от}}{m}$$

где  $a_{от}$  - величина зоны отжима, м.

Как следует из приведенных формул, наряду с использованием геометрических характеристик, определяющих параметры зоны опорного давления, требуются дополнительные сведения о физико-механических и прочностных свойствах угля. Учитывая структуру формул и однозначность используемых параметров рассчитать зависимость  $\sigma_1 = f(a)$  не представляет большой сложности. Основную проблему, которую необходимо решить при определении глубины отжима, это установление пороговых значений  $\sigma_1$  на кривой разгрузки, связанных с разрушением угля. Фактически для оценки значений  $\sigma_1$  требуется привлечение одной из теорий прочности. Анализ теорий прочности приведенный в работе [10] показывает, что для горных пород в условиях объемного неравнокомпонентного нагружения наиболее приемлемой является пятая теория прочности (Губерта Генки, Мизеса), основанная на определении энергетических показателей. Условие разрушения выполняется в случае превышения работы формоизменения ( $A_f$ ) над работой изменения объема ( $A_v$ ) т. е.  $A_f > A_v$ .

Работа формоизменения и работа изменения объема рассчитываются по формулам

$$A_f = \frac{3}{2} (\sigma_{ср} \cdot \epsilon_{ср}),$$

$$A_v = \frac{1}{12G} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2].$$

Для получения необходимых данных на установке трехосного нагружения были проведены исследования по определению упругих и прочностных свойств горных пород и угля в условиях предельных нагрузок и разгрузки, применительно к горно-геологическим и технологическим условиям залегания и отработки пласта  $g_2$  - "Наталья". Для этих углей образцы антрацита пласта кубической формы с размером ребра грани 60 мм нагружались по программе  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ , где  $\sigma_1 = K\gamma H$ ,  $\sigma_2 = \frac{\nu}{1-\nu} K\gamma H$ ,  $\sigma_3 = \sigma_{сж} f(W)$ ,  $\nu$  - коэффициент Пуассона.

Коэффициент концентрации напряжений  $K$  рассчитывался по формуле [6]

$$K = \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_{нл}} \left( 1 + \frac{a}{m} \right)$$

Программа нагружения выполнялась в два этапа. На первом этапе формировалось предельное напряженное состояние, контролем которого являлось появление растягивающих деформаций по линии  $\sigma_3$ . На втором этапе величина  $\sigma_3$  снижалась до нуля с фиксацией начала разрушения и остаточной прочности угля. Результаты испытаний образцов с естественным содержанием влаги, увлажненных водой и различными типами ХАВ приведены на рис. 2 в виде зависимостей интенсивности напряжений ( $\sigma_i$ ) от интенсивности деформаций ( $\epsilon_i$ ) и отношения  $A_f/A_v$ , наиболее полно характеризующих механизм разрушения угля сдвигом.

Анализ полученных зависимостей показывает, что водные растворы ХАВ снижают предельную и остаточную прочность углей

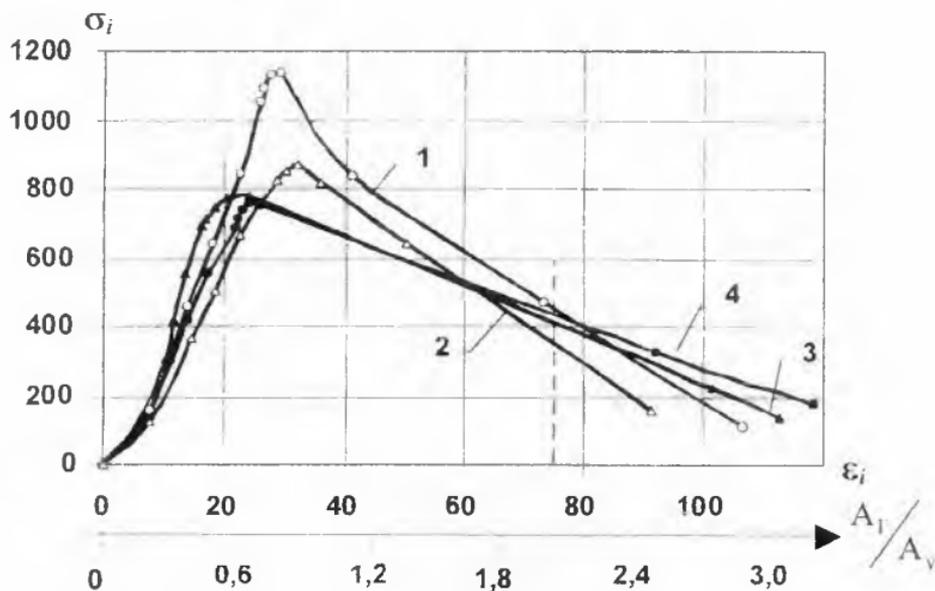


Рис. 2. Результаты испытаний образцов:

1 - образцы с естественной влажностью ( $W_e = 2,5\%$ ,  $\sigma_{ост} = 25,7$  МПа)

2 - образцы увлажненные водой ( $W = 4,5\%$ ,  $\sigma_{ост} = 19,5$  МПа)

3 - образцы обработанные 2% раствором щавелевой кислоты ( $W_0 = W_e + 2,47\%$ ,  $\sigma_{ост} = 18,2$  МПа)

4 - образцы обработанные 1% раствором бихромат натрия ( $W_0 = W_e + 2,75\%$ ,  $\sigma_{ост} = 17,9$  МПа).

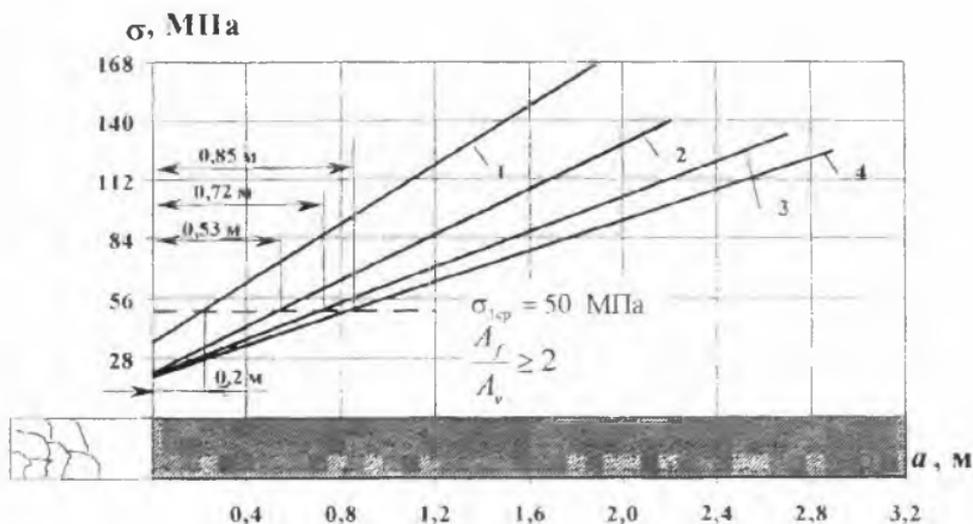


Рис. 3. Формирование зоны отжига в зависимости от содержания в угле адсорбированных сред:

1 -  $\sigma_1 = f(a)$  для угля с естественной влажностью  $W = 2,5 \%$ ;

2 -  $\sigma_1 = f(a)$  для угля увлажненного водой  $W = 4,5 \%$ ;

3 -  $\sigma_1 = f(a)$  для угля обработанного 2 % раствором щавелевой кислоты  $W = W_e + 2,47 \%$ ;

4 -  $\sigma_1 = f(a)$  для угля обработанного 1 % раствором бихромата натрия  $W = W_e + 2,75 \%$ ;

в 1,5 - 1,7 раза, при этом сдвиговые деформации приводят к нарушению сплошности (повреждаемости) образцов при  $\frac{A_f}{A_v} \geq 2$ .

Сравнительная оценка параметров зоны отжига и влияния на них водных растворов ХАВ производилась графическим построением (рис. 3) и аналитическим расчетом (табл. 1).

Графическое построение производилось следующим образом. Первоначально были построены зависимости  $\sigma_1 = f(a)$ , а затем по результатам лабораторных исследований определено критическое значение  $\sigma_1$ , характеризующее по критерию прочности разрушение угля. Пересечение кривых 1, 2, 3, 4 с линией разрушения ( $\sigma_1 = 50$  МПа) определило глубину зоны отжига. Аналогично была получена аналитическая формула определения величины зоны отжига ( $a_{\text{от}}$ ) при совместном решении двух уравнений, определяющих сформированное напряженное состояние и напряжение разрушения

Таблица 1 Аналитический расчет параметров зоны отжима

Напряже- ние на кривой разгрузки при $\frac{A_f}{A_v} \geq 2$	Геометрические характери- стики призабойной зоны и физико-механические свой- ства угля и кровли пласта					Расчетные значения па- раметров зо- ны опорного давления		Фактиче- ское от- ношение величины отжима угля
	H, м	X <sub>0</sub> , м	σ <sub>сж</sub> , МПа	K, МПа	W, %	a, м	a <sub>от</sub> , м	
σ <sub>ср 1</sub> = 5,0	460	200	32	203,7	2,50	1,88	0,20	0,15 - 0,2
σ <sub>ср 2</sub> = 5,0	460	200	23	203,7	4,50	2,24	0,53	-
σ <sub>ср 3</sub> = 5,0	460	200	20	203,7	2,47	2,76	0,72	-
σ <sub>ср 4</sub> = 5,0	460	200	18,2	203,7	2,75	2,86	0,85	-

при  $\frac{A_f}{A_v} \geq 2$  в опорной зоне. Величину зоны отжима следует опре-  
делять по формуле

$$a_{от} = \frac{\left( \frac{\sigma_{A_f} - \sigma_{сж}}{A_v} \right) \cdot m}{1,3 \cdot \sigma_{сж}}$$

Полученные результаты, приведенные в табл. 1 и на рис. 3, показывают, что зоной отжима можно управлять за счет увлажнения угольного массива водными растворами ХАВ в режиме фильтрации. Длина зоны отжима может увеличиваться в среднем до 0,80 м и близка к размерам исполнительного органа добычных комбайнов. Критерием достоверности результатов являются практически близкие значения данных шахтных замеров размеров зоны отжима, формирующейся в призабойной части пласта с естественным содержанием влаги в угле в пределах 2 - 2,5 %, с расчетными. Естественно, что предлагаемый метод оценки размеров зон отжима носит в большей степени качественный характер, но тем не менее может позволить разработать технологические параметры способа увлажнения высокопрочных антрацитов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стариков Г.П., Чистоклетов В.И., Шевченко Л.В. Физико-химический способ снижения прочности высокометаморфизованных углей. // Физико-технические проблемы горного производства. Вып. 2, Донецк., 1999. - с. 10 - 13.
2. Г.П. Стариков., Л.В. Шевченко, В.И. Чистоклетов. Изменение механических свойств антрацитов под влиянием водных рас-

творов химически-активных веществ. // Геотехническая механика. Вып. 27, Днепропетровск, 2001. - с. 15 -19.

3. Аршава В.Г., Осипов С.Н. Упругие свойства углей и безопасность подземной разработки. Киев. - Техника, 1979, 159 с.
4. Мурашов В.Н. Исследование перемещения зон опорного давления впереди выработок на сухих и предварительно увлажненных участках. В кн. Проявление горного давления на увлажненных угольных пластах. М. Недра, 1968, с. 48.
5. Якоби О. Практика управления горным давлением. М., Недра, 1987. - 566 с.
6. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. ГНТИ, Москва, 1961, 362 с.
7. Баренблат Г.И., Христианович С.А. Об обрушении кровли при горных выработках. - Изв. АН СССР, отн, 1955, № 11, с. 73 - 86.
8. Кузнецов С.В. Об управлении кровлей горной выработки. - В кн. Математические методы в горном деле. Новосибирск: Наука, 1969, 33 - 60.
9. Петухов И. М., Линьков А.Ш. Механика горных ударов и выбросов. М., Недра, 1983, 280 с.
10. Алексеев А.Д., Недодаев Н.В. Предельное состояние горных пород. Киев: Наукова думка, 1982, - 200 с.