

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дякун Р.А. Результаты исследований поведения угольных образцов при высоких давлениях / Геотехнічна механіка: Між від. збір. наук. праць, Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 62. – С. 73-84.
2. Кияшко Ю.И., Дякун Р.А. Установление минимальной скорости разгрузки напряженного образца угля при которой происходит его быстрое разрушение до уровня мелкодисперсной пыли / Геотехнічна механіка: Між від. збір. наук. праць, Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 65. – С. 61-66.
3. Дякун Р.А. Особенности разрушения угольного вещества при разгрузке в предельно напряженном состоянии / Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2007». – Д.: Національний гірничий університет 2007. – С75-80.
4. Кияшко Ю.И., Дякун Р.А., Закономерности разрушения угольного вещества за традиционно определяемыми пределами прочности / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические чвления в горных породах и выработках / Матер. XVIII Межд. Науч. Школы. – Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2007. – С.134-136.
5. Дякун Р.А., Кияшко Ю.И. Механизм радиально-послойного разрушения угля в предельно-напряженном состоянии при разгрузке / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические чвления в горных породах и выработках / Матер. XVIII Межд. Науч. Школы. – Симферополь: Таврич. нац. ун-т, 2008. – С.85-87.
6. Зорин А.Н. Управление динамическими проявлениями горного давления. М., «Недра», 1978, 175с.
7. Булат А.Ф., Курносоев А.Т., Русанцов Ю.А. Управление состоянием предельно напряженного породного массива мало-энергоёмкими воздействиями. – Киев: «Наукова думка», 1993, 176с.

УДК 622.831.322:532.528

Инж. А.А. Ангеловский, инж. И.Ф. Чугунков  
(ОАО "Краснодонуголь"),  
канд. техн. наук. В.В. Зберовский,  
вед. инж. Р.Н. Наривский  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОНАПОРНОГО НАГНЕТАНИЯ ЖИДКОСТИ В ВЫБРОСООПАСНЫЕ УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК**

Наведено результати досліджень параметрів високонапірного нагнітання рідини при проведенні робіт по гидророзпушуванню і гидроїмпульсній дії на викидонебезпечний вугільний пласт  $i_3^1$  гор. 915 м ш/у "Суходільське-Східне" ВАТ "Краснодонуголь".

### **RESEARCH OF PARAMETERS OF HIGH-PRESSURE FESTERING OF FLUID IN VYBROSOOPASNYE COAL-SEAM DURING CONDUCTING OF THE PREPARATORY MAKING**

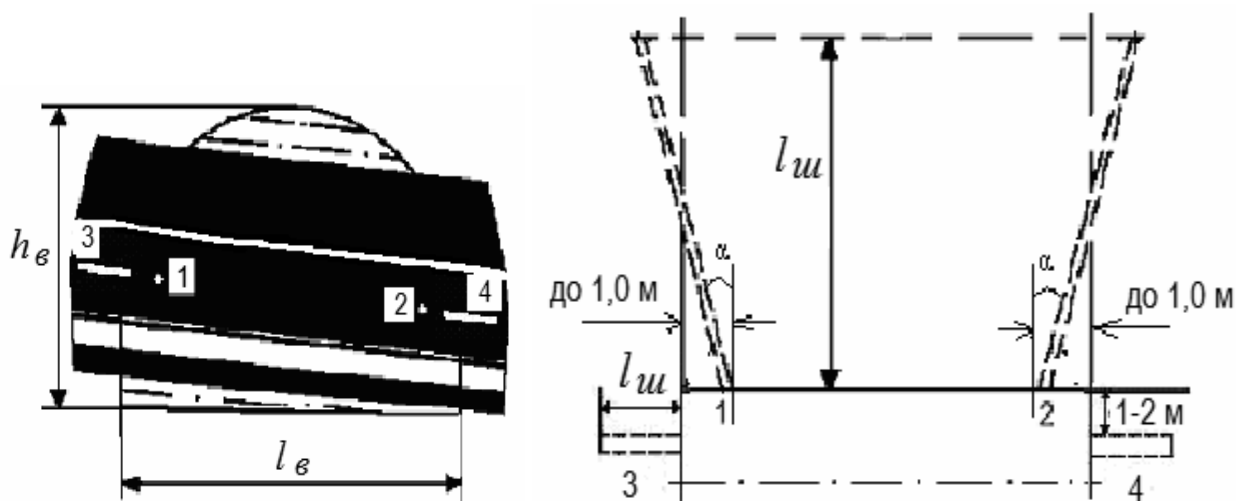
The results of researches of parameters of the high-pressure festering of liquid during conducting of works on hydrotillage and hydroimpulsive influence on the dangerous outburst of coal layer of  $i_3^1$  level 915 m mine administration "Sukhodolskoye-Vostochnoye" Krasnodoncoal Plc.

Применяемые в настоящее время на практике способы гидрорыхления и гидроотжима краевой части выбросоопасных пластов имеют ряд недостатков. Учитывая, что оборудование и технология их применения практически одинаковы, различны параметры шпуров или скважин и достигаемый эффект, основным недостатком можно считается неуправляемый процесс трещинообразования и разрушения угольных слоев и пропластков. В результате при на-

гнетании жидкости в пласт происходит спонтанный прорыв воды в выработанное пространство, а иногда и преждевременный гидроотжим краевой части с угрозой провоцирования газодинамического явления. Если при проведении мероприятий в очистных забоях переход от гидрорыхления к гидроотжиму не вызывает затруднений, то в забоях подготовительных выработок это приводит к резкому снижению эффективности мероприятий и скорости проведения выработки.

Поэтому для обоснования рациональных параметров высоконапорного нагнетания жидкости в забоях подготовительных выработок, необходимы достоверные сведения о газодинамическом состоянии краевой части выбросоопасного массива. Наиболее актуально решение этой задачи при комбайновом способе проведения выработки. По-нашему мнению в этом аспекте определенный интерес представляют результаты горно-экспериментальных исследований гидроимпульсного воздействия на пласт  $i_3^1$  гор. 915 м в условиях ш/у "Суходольское-Восточное" ОАО "Краснодонуголь".

Анализ выполненных исследований гидроимпульсного воздействия с целью повышения эффективности гидрорыхления показал, что его применение позволило устранить вышеотмеченный недостаток высоконапорного нагнетания. При проведении работ была использована технологическая схема гидрорыхления выбросоопасных пластов [1], с бурением двух нагнетательных шпуров (скважин) глубиной 6,0 - 7,0 м. Глубина герметизации обеспечивалась стандартными герметизаторами "Таурус" и составляла 4,0 - 5,0 м (рис.1).



1, 2 - нагнетательные шпур; 1-4 - контрольные шпур;  $l_{ш}$  - длина шпура, м;  $h_{\epsilon}$ ,  $l_{\epsilon}$  - высота и ширина выработки, м;  $\alpha$  - угол доворота оси шпура на массив.

Рис. 1 – Технологическая схема проведения горно-экспериментальных работ

Из программы проведения горно-экспериментальных работ в этом направлении можно выделить три основных этапа исследований. Первый - исследование состояния угольного пласта  $i_3^1$  в забое выработки. Второй - формирование базы данных программно-вычислительного комплекса аппаратуры передачи сейсмоакустического сигнала (АПСС) при проведении выработки

комбайном без гидрорыхления в неопасных зонах и с гидрорыхлением в статическом режиме нагнетания жидкости в опасных зонах. Третий – проведение работ по гидроимпульсному воздействию, контроль и оценка эффективности выполненных мероприятий.

Работы по исследованию состояния угольного пласта  $i_3^1$  в забое 24-го Восточного конвейерного штрека были начаты с отметки ПК 3+6,0 м (табл. 1). С отметки ПК 13+3,0 м проведение выработки осуществлялось с проведением мероприятий по гидрорыхлению пласта. Одновременно осуществлялось формирование компьютерной базы данных параметров системы АПСС-1, которое завершилось на отметке ПК 18+0,0 м. Результаты исследований зоны разгрузки в краевой части пласта по скорости газовыделения из контрольных шпуров и системой АПСС приведены в таблице 2.

Текущий прогноз выбросоопасности пласта по начальной скорости газовыделения проводился до отметки ПК 32+5,0 м. С отметки ПК 28+0 м в условиях анкерного крепления. После завершения работ по формированию компьютерной базы данных зона разгрузки оценивалась параметрами системы АПСС при бурении технологических шпуров, а глубина безопасной зоны выемки комбайном - коэффициентом выбросоопасности  $K_{\text{в}}$ , характеризующим напряженное состояние массива.

На основании анализа проведенных исследований установлено, что при работе комбайна в неопасных зонах при скорости проведения выработки 4,0 - 5,0 метра в сутки значение зоны разгрузки не превышало 4,0 м, при скорости 2,0-3,0 метра в сутки возрастало до 6,0 м, а менее 2,0 м/сут. составляло более 6,0 метров. При этом признаков газодинамической активности пласта не наблюдалось. Применение в забое выработки анкерного крепления, существенно изменило состояние угольного пласта. Даже при проведении выработки со скоростью 2-3 метра в сутки при разрушении угля комбайном имели место случаи скачкообразного газовыделения до 2,5 %. Зона разгрузки (табл. 2) снизилась до 2,0 м. Контролем выбросоопасности системой АПСС-1 наличие опасной зоны не выявлено, но установлено снижение зоны разгрузки с 6,0 м до 4,0 м. А при бурении шпуров для нагнетания жидкости на глубине более 5 метров происходил повышенный выход штыба с интенсивным газовыделением. На основании этого сделан вывод о том, что в глубине массива на удалении от забоя 5,0 - 6,0 м происходит концентрация напряжений. При увеличении темпов проходки до 4,0 м в сутки величина зоны разгрузки резко снизится, что приведет к повышению вероятности проявления ГДЯ и необходимости постоянного проведения противовыбросных мероприятий.

В сложившихся условиях, для повышения достоверности результатов исследований, было дополнительно проведено 7 циклов гидрорыхления пласта в статическом режиме нагнетания жидкости.

Таблица 1 – Результаты текущего прогноза выбросоопасности пласта  $i_3^1$  в забое 24-го Восточного конвейерного штрека

Дата	Пикет	Начальная скорость газовыделения						Опасность по прогнозу
		1,5 м		2,5 м		3,5 м		
		№ капилл.	q, л	№ капилл.	q, л	№ капилл.	q, л	
Исследование массива без проведения мероприятий								
4.05.07 3 смена	ПК 3+6	1	0	1	0,52	1	0,86	не опасно
		1	0	1	0,69	1	0,96	
6.05.07 1 смена	ПК 3+9	1	0	1	0	1	1,4	не опасно
		1	0	1	1,06	1	1,5	
6.05.07	ПК 4+1	2	4,06	2	4,52	1	1,3	опасно
		1	0	1	0,26	3	10,11	
7.05.07 2 смена	ПК 4+5	1	1,4	2	2,6	2	5,0	опасно
		1	1,57	2	3,32	2	8,86	
17.05.07 1 смена	ПК 6+9,5	1	0,96	2	3,32	3	8,0	опасно
		1	0,96	1	1,64	2	4,04	
18.05.07	ПК 7+6м	1	0,69	2	5,84	2	9,52	опасно
		1	0,96	2	4,52	3	10,11	
20.05.07	ПК 8+0	1	1,16	1	1,90	2	2,6	не опасно
		1	1,76	1	2,10	2	3,32	
24.05.07 1 смена	ПК 9+0,5	1	0,69	2	5,0	2	7,48	опасно
		1	0,52	2	4,52	2	8,88	
26.05.07 4 смена	ПК 9+6	1	0,26	2	2,60	2	2,60	не опасно
		1	0,0	1	1,90	1	1,50	
28.05.07 1 смена	ПК 9+8	1						не опасно
		1						
30.05.07	ПК 11+1	1	1,8	2	2,9	2	4,69	опасно
		1	1,97	2	3,48	2	5,76	
31.05.07 3 смена	ПК 11+3							не опасно
6.06.07 4 смена	ПК 13+	1	1,0	1	1,8	2	4,38	опасно
		1	1,66	1	2,06	2	4,89	
Исследование массива при гидрорыхлении пласта								
11.06.07 4 смена	ПК 14+8	1	0,0	1	0,0	1	0,0	не опасно
		1	0,0	1	0,0	1	0,0	
21.06.07 1 смена	ПК 17+8	1	0,0	1	0,0	1	0,0	не опасно
		1	0,0	1	0,86	1	1,5	
01.07.07 4 смена	ПК 20+2	1	0,0	1	0,25	1	0,25	не опасно
		1	0,0	1	0,0	1	0,25	
02.07.07 4 смена	ПК 20+5	1	0,0	1	0,0	1	0,25	не опасно
		1	0,0	1	0,5	2	3,48	
03.07.07	ПК 20+6,5	1	1,33	1	1,9	2	8,00	
		1	0,8	1	2,06	2	3,59	
12.07.07 3 смена	ПК 21+7м	1	следы	2	5,40	—	—	опасно
		2	7,57	2	10,32	—	—	
4.09.07 2 смена	ПК 31+4,0	1	0,5	1	0,69	1	0,69	спокойно

Таблица 2 - Результаты определения величины зоны разгрузки пласта  $i_3^1$  в забое 24-го Восточного конвейерного штрека

Дата	№ Шпура	Глубина шпура, м					Зона разгрузки, м	Зона выемки, м	Поведение пласта при бурении
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0			
24.05.07 1 смена	1	0,26	0,26	0,96	3,32	4,52	3,5	2,2	спокойно
	2	0,0	0,26	0,69	2,6	4,04	3,5	2,2	—
25.05.07 2 смена	1	0,0	0,0	0,26	0,52	0,69	3,5	2,2	—
	2	0,0	0,0	0,52	0,86	1,18	3,5	2,2	—
26.05.07 2 смена	1	0,25	0,25	0,52	1,06	0,25	3,0	1,7	—
	2	0,0	0,25	0,88	0,96	0,25	3,0	1,7	—
28.05.07 3 смена	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,65	>3,5	2,7	—
	2	0,0	0,0	0,0	0,25	0,25	>3,5	2,7	—
29.05.07 1 смена	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,25	>3,5	2,7	—
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,25	>3,5	2,7	—
30.05.07 2 смена	1	0,0	0,98	1,18	5,0	7,16	3,5	2,2	—
	2	0,0	1,4	4,52	5,42	6,58	3,5	2,2	—
1.06.07 2 смена	1	0,0	0,91	1,26	3,59	5,4	3,5	2,2	—
	2	0,0	0,45	1,33	1,66	2,8	3,5	2,2	—
2.06.07 1 смена	1	0,86	1,5	1,83	2,6	4,52	3,5	2,2	—
	2	0,86	1,3	1,9	2,16	3,33	3,5	2,2	—
3.06.07 1 смена	1	0,86	1,06	1,64	2,04	3,32	3,5	2,2	—
	2	1,06	1,5	1,9	2,6	4,04	3,5	2,2	—
3.06.07	1	0,26	1,76	2,6	6,65	8,06	опасно		—
	2	25	—	—	—	—		опасно	опасно
6.06.07 2 смена	1	0	17,67	25	н/о	н/о	0	опасно	
	2	0	н/о	н/о	н/о	н/о	0	опасно	
7.06.07	1	1,50	2,10	4,04	0,26	—	2,5	1,2	спокойно
	2	1,06	1,90	3,32	4,52	2,60	3,0	1,7	спокойно
При гидрорыхлении пласта (арочная крепь)									
21.06.07 1 смена	1	0,0	0,0	0,86	0,0	0,0	>3,5	2,2	спокойно
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	>3,5	2,2	спокойно
26.06.07 1 смена	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	>3,5	2,2	спокойно
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	>3,5	2,2	—
14.07.07 2 смена	1	следы	1,36	1,16	4,69	0,25	>3,5	2,2	спокойно
	2	0,64	0,25	5,76	0,75	2,90	>3,5	2,2	спокойно
14.08.07 2 смена	1	2,16	2,16	4,04	5,00	5,34	3,5	2,2	спокойно
	2	0,69	0,86	2,04	4,04	12,22	3,5	2,2	спокойно
При гидрорыхлении пласта (анкерно-рамное крепление)									
31.08.07 1 смена	1	следы	1,4	4,52	8,5	9,25	3,5	2,2	спокойно
	2	0,0	0,26	0,86	1,4	1,64	3,5	2,2	спокойно
6.09.07 1 смена	1	1,4	4,52	4,04	4,52	4,0	2,0	АПСС	
	2	0,26	1,06	1,5	следы	1,18	2,5	АПСС	
8.09.07 1 смена	1	5,8	6,2	5,84	1,18	0,96	2,0	АПСС	
	2	2,6	3,32	6,86	7,48	12,22	3,5	АПСС	
9.09.07 1 смена	1	3,32	5,0	4,0	3,32	2,6	2,0	АПСС	
	2	2,6	4,04	6,20	7,16	7,48	3,5	АПСС	
10.09.07 1 смена	1	1,83	1,57	7,16	0,26	0,69	2,0	АПСС	
	2	0,96	6,56	5,84	4,04	1,3	2,0	АПСС	

С отметки ПК 38+6,0 были начаты работы по исследованию параметров гидроимпульсного воздействия. При проведении исследований особое внимание было уделено состоянию угольного пласта и его реакции на гидроимпульсное воздействие при различных значениях давления нагнетания жидкости от 10,0 МПа до 23,0 МПа. Результаты инструментальных измерений фиксировались в журнале учета гидрорыхления и в компьютерной базе контроля и оценки эффективности мероприятий системы АПСС-1. Результаты оценки эффективности при сравнении нормативного способа гидрорыхления и гидроимпульсного воздействия приведены в таблице 3.

Анализ двух способов по длительности воздействия на массив показывает, что при гидроимпульсном воздействии обработка массива осуществляется почти в 2 раза быстрее. При этом системой АПСС установлено, что напряженность массива ( $K_6$ ) уменьшается на 25 % и увеличивается на 74 % величина низкочастотной составляющей. Это свидетельствует о развитии деформаций на удалении от угольного пласта более чем на 10 м и обеспечивает безопасность работ по фактору внезапных выбросов угля и газа.

Анализ результатов контроля гидрорыхления пласта системой АПСС по величине давления нагнетания жидкости показал, что эффект разгрузки массива при нормативном способе гидрорыхления достигается при давлении не менее 20,0 МПа, а при импульсном нагнетании формирование безопасной зоны разгрузки на глубину не менее длины шпура достигается уже при давлении нагнетания 15,0-16,0 МПа.

Однако, не смотря на полученные результаты, следует отметить, что применение технологической схемы гидрорыхления не позволило в полной мере оценить эффективность гидроимпульсного воздействия. Ранее нами уже было отмечено, что при увеличении скорости проведения выработки более 4 м/сут. бурение технологических шпуров глубиной более 5,0 м в виду резкого увеличения газодинамической активности пласта, становится невозможным. В этих условиях правилами безопасности регламентируется проведение гидрорыхления пласта только в режиме гидроотжима. Это требование, в виду отсутствия исследований и нормативной база применения гидроимпульсного воздействия через шпуры длиной менее 6,0 м и не технологичности гидроотжима в длинных тупиковых выработках заставляет применять сотрясательное взрывание.

Для решения этой задачи была проведена сравнительная оценка экспериментальных и аналитических исследований параметров гидроотжима, гидрорыхления и гидроимпульсного воздействия на угольные пласты. В их основу положены требования "Правил ..." [1], результаты исследований ученых МакНИИ [2,3], ИГД им. А.А. Скочинского [4] и ИГТМ НАНУ [5,6].

На рисунке 2 приведена принципиальная схема расчета давления гидроотжима угольного пласта  $i_3^1$  на глубине 915 м при длине шпуров 4,0 м.

Таблица 3 - Результаты исследований гидрорыхления пласта  $i_3^1$  в забое 24-го Восточного конвейерного штрека

Давление жидкости Р, МПа			Расход жидкости Q, м <sup>3</sup>						Время нагнетания t, мин						
гидро разры ва	статическое max/min		гидроим- пульсное		статическое			гидроимпульсное							
	нач.	кон.	max/min	max	min	сред.	max	min	сред.	max	min	сред.			
18,2	27,0/20,0	16,0/10,0	23,0/10,0	4,3	1,08	<b>1,72</b>	1,2	0,3	<b>0,56</b>	92	18	<b>40</b>	33	9	<b>22,5</b>

Примечание: в таблице приведены средние значения результатов исследований.

Расчетные параметры гидрорыхления пласта: давление нагнетания жидкости  $P_n > 18,2$  МПа; расход жидкости  $Q \geq 0,8$  м<sup>3</sup>

Параметры статического нагнетания жидкости при 22 циклах воздействия:

расход: 1,56; 1,59; 1,2; 1,17; 1,65; 2,16; 1,83; 1,59; 2,7; 4,3; 1,42; 2,34; 1,83; 1,68; 1,29; 1,08; 1,45; 0,54; 1,47; 2,0; 1,2; 1,72;  
время: 26; 26,5; 20; 19,5; 27,5; 43,5; 30,5; 46,5; 73; 92; 39; 30,5; 92; 73; 18; 37; 30,5; 17,5; 25,5; 21; 43,5.

Параметры гидроимпульсного воздействия при 16 циклах нагнетаниях:

Расход: 1,2; 1,2; 0,59; 0,35; 0,48; 0,49; 0,44; 0,61; 0,3; 0,31; 0,86; 0,44; 0,52; 0,53; 0,4; 0,3;  
Время: 31; 30; 20; 9; 12; 18; 33; 32,5; 23; 25; 30; 20; 15; 24; 14; 23.

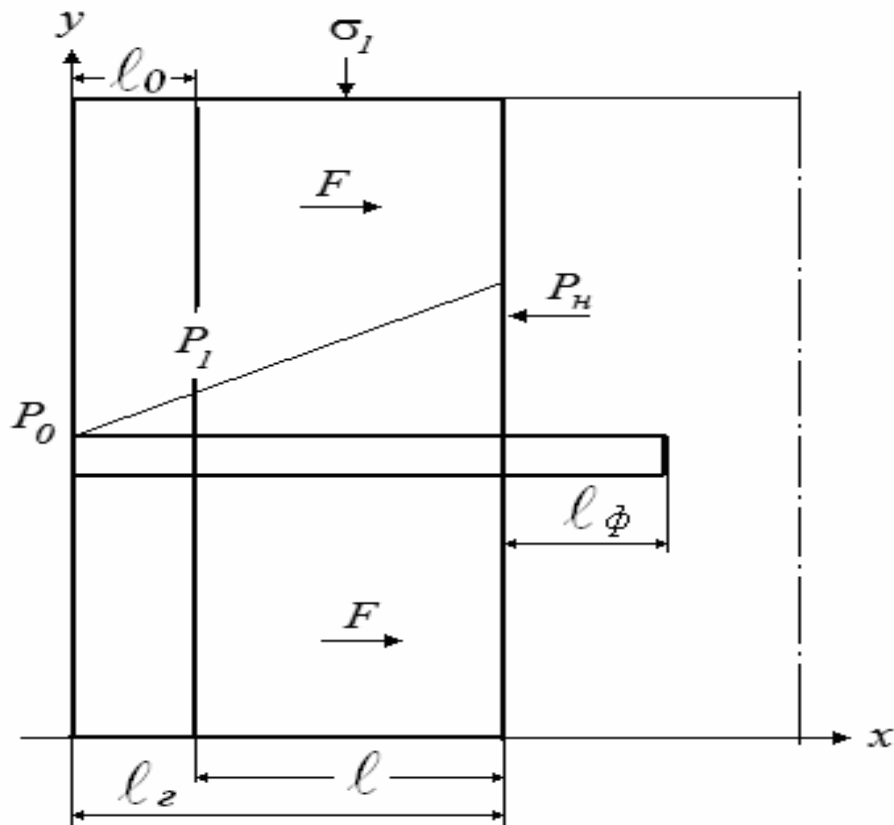


Рис. 2 – Схема расчета давления гидроотжима пласта  $i_3^1$  на отметке 915 м при глубине шнура  $l = 4,0$  м

Расчет давления гидроотжима выполнен на ЭВМ по трем вариантам. Первый – в соответствии с "Правилами ..." и результатами исследований МакНИИ по формуле

$$P = \frac{2f\gamma H}{m} l \bar{a}. \quad (1)$$

Второй – по схеме определения напряжений в призабойной зоне пласта при нагнетании в нее жидкости, предложенной А.А. Борисенко

$$P = K\nu\xi \left( e^{\phi l} - 1 \right) - \frac{\psi\chi\eta \left( e^{il} - e^{\phi l} \right) Q_i}{\pi m \left( l_{\bar{a}} - l + 0.5l_{\delta} \right) K'_{\bar{a}}(i - \phi)}. \quad (2)$$

Третий - по результатам исследований гидроимпульсного воздействия, на основании которых с использованием формулы расчета горизонтальных напряжений, предложенной Л.М. Васильевым [6], по схеме (рис.2) нами дано интегральное решение предельных сил гидроотжима пласта в забое подготовительной выработки



$$P = \int_0^m \left( \frac{2 \left( k + \mu \gamma H \left( 1 + \frac{fl \tilde{a}}{m} \right) \right)}{\cos(\rho)} \left( \sin(\rho) - \sqrt{1 - b^2(y)} \right) + \gamma H \left( 1 + \frac{fl \tilde{a}}{m} \right) \right) dy; \quad (3)$$

$$b(y) = \frac{f \gamma H \left( 1 + \frac{fl \tilde{a}}{m} \right) \left( 1 - \frac{2y}{m} \right)}{k + \mu \gamma H \left( 1 + \frac{fl \tilde{a}}{m} \right)}$$

В расчете учтены параметры:  $\sigma_1$  - силы горного давления, МПа;  $\sigma_1 = \gamma H$ ;  $\gamma = 2,65 \text{ м/м}^3$ ;  $P_n$  - давление нагнетания жидкости, МПа;  $F$  - силы трения, МПа;  $F = f \sigma_1 = f \gamma H$ ;  $f$  - коэффициент трения горных пород, в массиве  $f = 0,5$ ;  $P_0$  - давление жидкости на поверхности забоя выработки,  $P_0 = 0$ ;  $P_1$  - давление жидкости в кромке пласта, МПа;  $l_z$  - глубина герметизации шпура, м;  $l_0$  - разрушенная часть кромки пласта, м  $l_0 = 0,1 \text{ м}$ ;  $l_\phi$  - фильтрационная камера, м;  $l$  - зона сопротивления пласта нагнетаемой жидкости, м;  $\rho$  - угол внутреннего трения, град.  $\rho = 25-30$ ;  $k$  - силы сцепления,  $k = 10 \text{ кгс/см}^2$ ;  $\mu$  - коэффициент внутреннего трения;  $y$  - параметр интегрирования. Принято, что гидроотжим происходит при  $P_1=0$  в условии равновесия сил  $(P_n - P_1) m = 2f \gamma H (l_z - l_0)$ .

Результаты расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчета давления гидроотжима пласта  $i_3^1$  на отметке 915 м при глубине шпура  $l = 4,0 \text{ м}$

По формуле 1		По формуле 2		По формуле 3	
$l_z$ , м	P, МПа	$l_z$ , м	P, МПа	$l_z$ , м	P, МПа
2,5	24,73	2,5	26,84	2,5	23,27
3,0	29,67	3,0	27,29	3,0	25,37
3,5	34,62	3,5	27,69	3,5	27,47

Отличительной особенностью расчета давления гидроотжима при гидроимпульсном воздействии является то, что учитывается фактор сопротивления угля сдвигу, который в свою очередь зависит от сил внутреннего и внешнего трения, характеризующих напряженное состояние пласта.

Практикой установлено, что при нагнетании жидкости в статическом режиме на глубинах более 800 м с герметизацией шпуров 2,5-3,5 м гидроотжим краевой части наблюдается при давлении нагнетания 20,0-25,0 МПа. Расчетное давление при герметизации шпуров 2,5 м соответствует этим значениям. Далее, в соответствии с расчетом, при увеличении глубины герметизации вероятность гидроотжима снижается, но исследования в этом направлении до настоящего времени не производились.

При гидроимпульсном воздействии на угольный пласт в аналогичных ус-

ловиях гидроотжим может проявиться только при давлении нагнетания более 23,0 МПа. Но как показали горно-экспериментальные работы в подготовительных выработках эффект гидрорыхления пласта и формирование безопасной зоны разгрузки на глубину не менее длины шнура, достигается уже при давлении нагнетания 15,0-16,0 МПа, что значительно ниже давления гидроотжима и гидроразрыва.

Таким образом, результатами аналитических и горно-экспериментальных исследований установлено, что параметры гидроимпульсного воздействия при высоконапорном нагнетании жидкости обеспечивают безопасность работ при гидрорыхлении выбросоопасных пластов в забоях подготовительных выработок при проведении мероприятий через шнуры длиной 4,0-6,0 м. При этом глубина их герметизации должна составлять не менее 2,5 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ведения горных работ на пластах склонных к газодинамическим явлениям. Киев: Минуглепром Украины, 2005.-224 с.
2. Бобров И.В., Шатилов В.А. Применение гидроотжима призабойной зоны угольного пласта как способ борьбы с внезапными выбросами угля и газа // Вопросы безопасности в угольных шахтах: Труды МакНИИ, / отв. ред. В.Л. Божко.- М.: «Недра», 1965.- том XVII. - С. 164-181.
3. Шатилов В.А., Яровой А.С. Определение усилий, необходимых для выдвигания призабойной зоны угольного пласта при гидроотжиме // Борьба с выбросами угля и газа, подземными пожарами, безопасность взрывных работ: Сб. научн. статей. - М.: «Недра», 1969.- С.14-17.
4. Борисенко А.А. Теоретические основы гидроотжима и гидрорыхления на угольных шахтах. - М.: «Наука»,1986.- 114 с.
5. Васильев Л.М. Развитие трещин в угольном массиве при импульсном нагнетании в него жидкости // Сб. научн. трудов Механика и разрушение горных пород. - К.: Наук.Думка 1993.- С. 60-65.
6. Васильев Л.М. Механизм формирования горизонтальных нормальных напряжений в массивах горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ - М.: Издательство МГГУ, 2008.- С. 190-195.

**УДК 624.131.543**

Канд. техн. наук, доц. А.В.Зуска,  
ас. А.О. Шуліченко  
(Національний гірничий університет)

#### **ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ ПОРІД, ЩО ЗМІЩУЮТЬСЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ SURFER**

Изложена методика автоматизированного определения объемов пород, которые смещаются, с использованием поверхностей на основе стандартной программы Surfer.

#### **DEFINITION OF VOLUMES OF DISPLACED BREEDS WITH USE OF THE PROGRAM SURFER**

The technique of the automated definition of volumes of displacing breeds with use of surfaces is stated on the basis of the standard program Surfer.

Поширення зсувів і характер зсувного процесу залежать від інженерно-геологічних умов місцевості, серед яких найбільш важливу роль грають літолого-геологічні, геоморфологічні, кліматичні й інші умови. Велике число факторів обумовлює різку мінливість властивостей гірських порід, що сприяє