

## ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

**УДК 622.232**

**И.Б. Катанов**

### **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕНОГЕЛЕВОЙ ЗАБОЙКИ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН**

Процессы, происходящие при формировании заряда во взрывных скважинах, во время его детонации и воздействия продуктов взрыва на горный массив, не поддаются визуальному наблюдению. Следова-

этфекта забойки проводились с использованием неразрушимой оболочки – мортиры по ГОСТ 7440-81 и видоизмененной пробы определения бризантности ВВ по ГОСТ 5984-80, в которой стальной диск заменен нако-

ГОСТ 7140-81. В качестве забо-  
ечного материала проверялись  
вода и пеногель кратностью 2,0-  
11,0. Проведено две серии экспе-  
риментов, в т.ч.:

- при равных объемах пеногелевой и водной забойки (150; 200 и 300 см<sup>3</sup>);

- при равных массах пеногелевой и водной забойки (150; 200 и 300 г).

Из анализа полученных ре-  
зультатов представленных на  
графиках (рис.1) видно, что  
применение в качестве забойки  
воды в объеме 150, 200, 300 см<sup>3</sup>  
позволяет снизить запыленность  
воздуха соответственно на 50,  
60, 75% (кривые 2, 4, 6). Пено-  
гелевая забойка кратностью 2,5-  
3,5 в таких же объемах позволя-  
ет снизить запыленность соот-  
ветственно на 47, 63 и 71%  
(кривая 1). В том случае, когда

Таблица 1  
Характеристика запирающих свойств материала забойки

Материал забойки	Средняя величина обжатия свинцово- вого цилиндра, $\Delta h$ , мм	Среднее время задержки продуктов взрыва, $t_3$
Без забойки	23,6	0,8
Песок	24,2	1,18
Щебень	25,6	1,25
Вода	25,3	1,37
Пеногель кратности:		
2,5-3,5	26,2	2,13
5,0-6,0	26,4	2,41
9,0-11,0	25,5	2,55

тельно, для максимально возможного учета основных и уст-  
ранения влияния побочных эф-  
фектов при изучении влияния  
материала забойки на результат  
взрыва, необходимы лабора-  
торные эксперименты.

В качестве низкоплотного  
забоечного материала исследо-  
вался пеногель кратностью  
2...11.

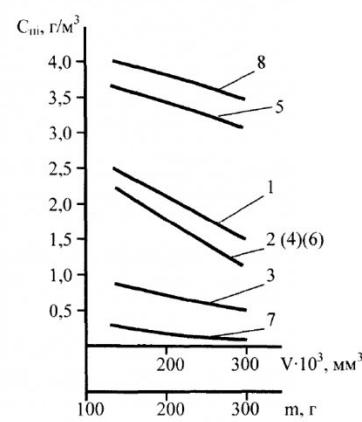
Эксперименты проводились с целью изучения технологиче-  
ских характеристик пеногелевой  
забойки, в т.ч. ее запирающих  
свойств, способствующих  
улучшению качества дробления  
и возможность поглощения пы-  
легазовых продуктов взрыва.  
Сравнение проводилось с забо-  
йкой из щебня, песка, воды, а  
также при взрывании без забо-  
йки.

Исследования запирающего

вальней массой 26 кг. Критерием запирающего действия забойки продуктов взрыва была разница времени между срабатыванием заряда и раскрытием мортиры для газообразных про-  
дуктов детонации (табл.1).

Полученные данные сви-  
детельствуют, о том, что при испытании по приведенной мето-  
дике запирающее действие забойки из пеногеля кратностью 2,5-11,0 характеризуется за-  
держкой вылета продуктов взрыва в 2 раза большей, чем забойки из песка и щебня при одинаковых их объемах.

Исследования по пылеподавляющим свойствам пеногелевой забойки проводились с определением остаточной запыленности воздуха во взрывной камере (штреке) с использова-  
нием канальной мортиры по



*Рис.1. Зависимость остаточной запыленности в камере от объема и кратности пеногеля:  
1- пеногель  $K_n=2-3$ ; 2, 4, 6- вода  
(при равном пеногелю объеме);  
3- пеногель  $K_n=2-3$  (по массе);  
5- пеногель  $K_n=5-6$  (по объему);  
7- пеногель  $K_n=5-6$  (по массе);  
8- пеногель  $K_n=9-10$  (по объему)*

Данные химического анализа

Таблица 2

Материал забойки	Средние значения содержания газов, л/кг			
	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	Усл., CO
1. Без забойки	168,4	2,8	2,6	19,7
2. Пеногель кратностью, K <sub>п</sub> :				
2,5-3,5	107,6	19,5	1,6	29,9
5,0-6,0	104,3	17,8	1,4	27,4
9,0-11,0	105,8	17,3	1,3	27,5
3. Вода	49,5	16,9	1,9	29,2

масса водной и пеногелевой забойки были одинаковыми, установлено явное преимущество пеногеля (кривые 3, 7).

Испытания забоечного материала из пеногеля на способность поглощения вредных газов взрыва проводились на установке, состоящей из герметичной взрывной камеры объемом 7 м<sup>3</sup>, которая оснащена электродами для инициирования электродетонатора, штуцером для отбора проб газа и системой проветривания.

Сравнение поглащающей способности газов забойкой из пеногелей производилось по отношению к взрыванию заряда без забойки (табл. 2).

В результате экспериментов получено снижение содержания оксидов азота (в сумме) примерно на 40 %, но увеличение в несколько раз содержания окиси углерода. Последнее можно объяснить тем, что в условиях эксперимента компоненты аммонита № 6 ЖВ не полностью реагируют при разете продуктов детонации. Пеногель, используемый в качестве забойки, охлаждает газы взрыва и тормозит вторичные реакции. Поэтому наблюдается повышение содержания окиси углерода и снижение диоксида углерода. Использование воды в качестве забойки также как и пеногель приводит к существенному увеличению содержания оксида и диоксида углерода в газах взрыва. В реальных условиях, когда масса заряда ВВ в скважине составляет сотни килограмм, вторичные реакции будут проходить в объеме, близком к занимаемому ВВ, поэтому не сле-

дует ожидать роста выделения оксида углерода. По отношению же к оксидам азота (как наиболее вредной составляющей взрыва) можно полагать, что пеногель будет снижать их содержание на величину, полученную при проведении экспериментов.

Сравнение относительной эффективности по величине обжатия свинцового цилиндра, задержке выброса забойки и остаточной величине N<sub>ox</sub> проведено по показателю, характеризующему изменения ее свойств в сравнении со взрывами без забойки

$$\eta_j = [x_{j\beta} - x_{jn\beta}] / x_{j\beta}, \quad (1)$$

где  $\eta_j$  - относительная эффективность  $j$ -ой характеристики, доли ед.;  $x_{j\beta}$ ,  $x_{jn\beta}$  - значение  $j$ -ой характеристики соответственно при взрывании без забойки и с пеногелевой забойкой. При оценке эффективности пылеподавления забойки в зависимости от кратности пеногеля в пределах изменения его от объема по отношению к запыленности воздуха в камере при экспериментах без забойки  $x_{jn\beta}$  определялась как средняя остаточная запыленность при взрывании с пеногелевой забойкой  $i$ -ой кратности г/м<sup>3</sup> в интервале изменения объема. На основании определения показателей относительной эффективности пеногелевой забойки построены графики (рис.2).

Наиболее значимой характеристикой из рассматриваемых является время задержки выброса забойки (кривая 2), видно, что увеличение кратности пеногеля в три раза повышает запирающие свойства на 16 %. Наименее значимо изменение кратности пеногеля влияет на величину обжатия свинцового цилиндра (кривая 1).

Результирующий показатель относительной эффективности пеногелевой забойки (кривая 5) изменяется в пределах 10-13%, имея экстремум при кратности 5-6.

Таким образом, при проведении дальнейших экспериментов использовалась пеногелевая забойка с оптимальной кратностью.

Исследование параметров взрывного разрушения массива требует высокой сопоставимости условий эксперимента и устранения максимально возможного влияния побочных факторов. Практика показывает, что породные массивы обычно имеют различные характеристики дробимости при взрыве. Наиболее изменчивыми из них являются трещиноватость и

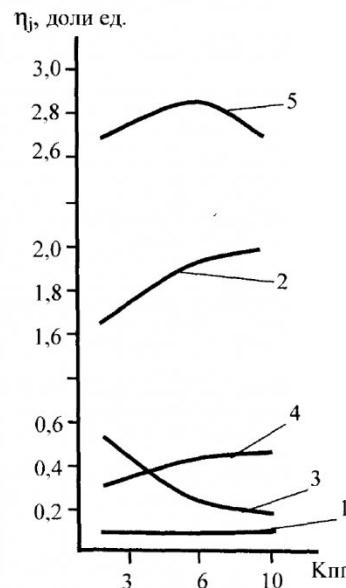


Рис.2. Изменение относительной эффективности пеногелевой забойки в зависимости от кратности по основным характеристикам: 1- величина обжатия; 2- времени задержки; 3- остаточной запыленности; 4- остаточному содержанию NO<sub>x</sub>; 5- общая эффективность

прочностные свойства пород.

Для достижения идентичности условий эксперимента при определении характера разрушения трещиноватых пород взрывом было проведено моделирование этого процесса в лабораторных условиях с использованием эквивалентных материалов. Условия подобия материала модели, имитирующего горный массив по прочностным свойствам, сводятся к тому, чтобы диаграмма прочности модели была подобна соответствующей диаграмме натуры [1, 2].

Песчано-цементная смесь, состоящая из портландцемента марки 400, воды и песка в весовом соотношении 1:2:7, позволила получить эквивалентный материал с прочностной характеристикой  $\sigma_{cжм} = 2$  МПа.

Тогда на основании  $\sigma_{cжм} / \sigma_{cжн} = 2/60 = M_{cж}$  масштаб моделирования структурно – прочностных характеристик определился равным 1:30.

В качестве ВВ заряда моделей был принят ТЭН с температурой взрыва 5,880 кДж/кг при плотности  $1,39 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, инициируемый капелькой азота свинца, нанесенного на стандартный мостик накаливания.

Заряд моделей являлся эквивалентом наиболее распространенным на угольных разрезах Кузбасса простейшим промышленным ВВ типа игданит,

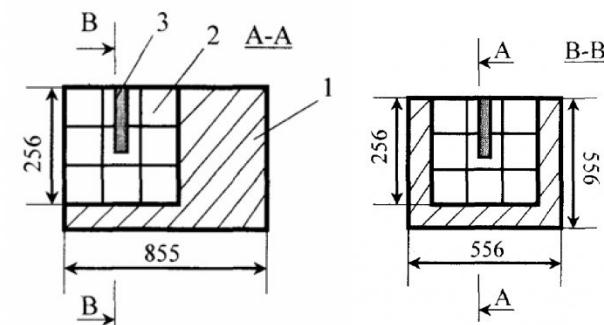


Рис.3. Схема модели в оболочке: 1- песчано-цементная оболочка; 2- песчано-цементная модель; 3- шпур

гранулит УП-1, гранулит НК, имеющих температуру взрыва 3,845 кДж/кг при гравиметрической плотности  $0,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Моделирование горного массива с учетом структурных особенностей (категории по блоchности) в выбранном масштабе  $M=1:30$  заключалось в формировании моделей с размерами  $250 \times 250 \times 250$  мм из цементно-песчаных кубиков с ребром 27,7; 50,0 и 83,3 мм, соответствующих средним диаметрам естественных отдельностей 0,8; 1,5 и 2,5 м.

По теории подобия и размерностей при моделировании действия взрыва в среде должны соблюдаться граничные условия. С этой целью модели предусматривалось устанавливать в специальной цементно-песчаной оболочке размером  $556 \times 556 \times 355$  мм, изготовленной из того же состава, что и элементы модели (рис.3).

Для достоверности результатов подготовлено 18 моделей, т.е. по 6 в каждой серии, соответствующей определенной категории пород по блоchности. Из каждой серии в трех моделях формировался заряд ВВ с твердой забойкой, а в других трех – с заполнением незаряженной части шпера низкоплотным материалом кратностью 5-6, выполняющим роль забойки.

Раздробленный взрывом материал модели предусматривалось рассортировать по классам крупности: 1; 1-3; 3-5; 5-10; 10-20 и больше 20 мм. Фракции более 20 мм отбирались и сортировались с помощью шаблонов, а мелкие, менее 20 мм отбирались методом ситового анализа. Диаметры фракций  $\pm 39$ ,  $\pm 71$  и  $\pm 117$  мм принимались в соответствии с размером диагоналей кубиков (табл.3).

В качестве критерия кусковатости при оценке дробления

Таблица 3

Средний выход дробленого материала, (г %)

Размер ребра элемента модели, мм	Материал забойки	Размер фракций, $x_i$ , мм							Общий выход, $P_d$ , г	Увеличение объема дробления, %	Средний диаметр куска, $d_{cp}$ , мм
		1-3	3-5	5-10	10-20	20-39	39-71	71-117			
27,7	песок	144/ 3,1	130/2 .8	214/ 4,6	325/ 7,0	3506/ 15,4			4650	25	23,8
	пеногель	191/ 3,3	215/ 3,7	296/ 5,1	412/ 7,1	4309/ 74,3			5800		23,6
50	песок	212/ 2,8	119/ 1,6	275/ 3,7	350/ 4,7	596/ 8,0	5468/ 73,4		7450	21	38,0
	пеногель	225/ 2,5	243/ 2,7	342/ 3,8	387/ 4,3	784/ 8,7	6580/ 73,0		9014		37,9
3,3	песок	187/ 1,9	138/ 1,4	255/ 2,6	442/ 4,5	609/ 6,2	1592 16,2	6210/ 63,2	9827	17	69,8
	пеногель	209/ 1,8	174/ 1,5	336/ 2,9	557/ 4,8	788/ 6,8	2192/ 18,9	6783/ 58,5	11596		66,9

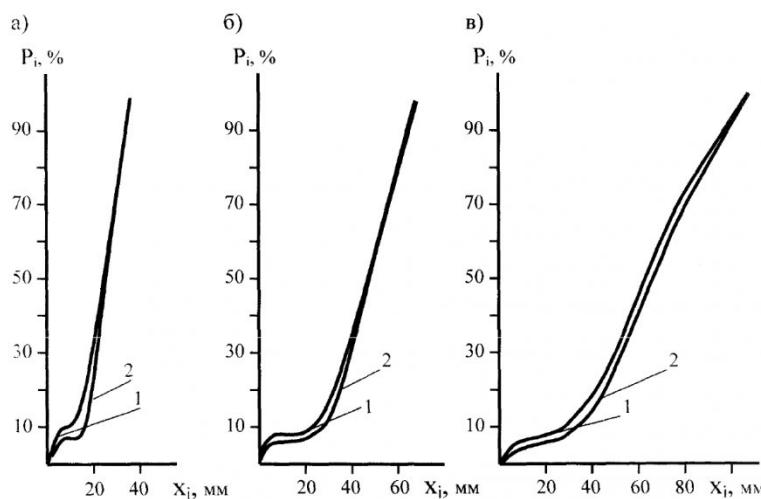


Рис. 4. Кумулятивные кривые фракционного состава дробленого продукта в моделях: а-  $l_p = 27,7$  мм; б-  $l_p = 50$  мм; в-  $l_p = 83,3$  мм; 1- с твердой забойкой; 2- с забойкой из низкоплотных материалов.

принимались выход дробленого продукта фракции и диаметр среднего куска [3], определяемый из

$$d_{cp} = \sum_{i=1}^n x_i P_i \quad , \quad (2)$$

где  $x_i$  - среднее арифметическое границ  $i$ -ой фракции, мм;  $P_i$  - содержание  $i$ -ой фракции, доли ед.;  $n$  - число фракций.

Анализ результатов экспериментов по разрушению моделей из эквивалентного материала взрывом в зависимости от материала забойки позволил установить, что выход дробленого продукта при взрывании с использованием в конструкции заряда низкоплотных материалов на 17-25% больше, чем с твердой забойкой. Наибольшее увеличение значений соответствует моделям, имитирующими мелкоблочный массив. В то же время общий выход дробленого продукта с увеличением трещиноватости модели снижается.

Анализ фракционного состава показывает, что равномерность дробления моделей с пеногелевой забойкой лучше,

чем с твердой. Это подтверждается тем, что при взрывании всех трех типоразмеров моделей с пеногелевой забойкой выход дробленого продукта крупных фракций уменьшается на 7,8 %. Доля выхода мелких фракций до 0,5 мм, с увеличением трещиноватости - увеличивается почти в 1,7 раза, независимо от вида забойки, в тоже время в моделях одного типоразмера долевая выход пыли

при твердой забойке на 5-16% больше, чем с пеногелевой. Расчет диаметра среднего куска при взрывах с низкоплотной забойкой показывает, его снижение на 4,1 % по сравнению с моделями, имеющими твердую забойку, что говорит о некотором улучшении качества дробления. На основании анализа выхода дробленого материала построены кумулятивные кривые фракционного состава из

взорванных моделей (рис. 4), которые показывают, что с увеличением трещиноватости модели материала забойки меньше влияет на качество дробления.

Результаты измерения амплитуды импульса и скорости продольной волны представлены на рис. 5. Анализ графиков показывает, что радиальные напряжения на относительном расстоянии  $36 \bar{r}_0$ , выраженном в радиусах заряда, в зависимости от размера ребра модели увеличиваются практически прямо пропорционально, однако пеногелевая забойка увеличивает напряжения на 5-8 % по сравнению с твердой забойкой.

Аналогичный характер имеет и изменение скорости про-

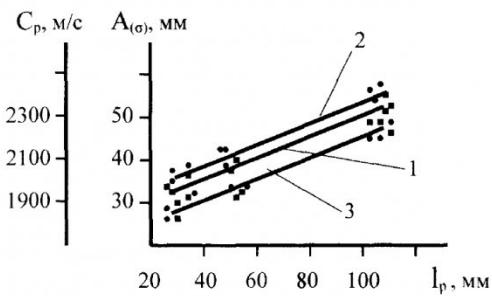


Рис. 5. Изменение амплитуды импульса напряжений (1- с твердой забойкой; 2- с пеногелевой забойкой) и скорости продольной волны (3) в зависимости от размера ребра элемента модели: ■- с твердой забойкой; ●- с забойкой из низкоплотных материалов

дольной волны, которая от материала забойки явно не зависит.

Отсюда следует, что улучшение дробления моделей зарядами с забойкой из низкоплотных материалов при одинаковой величине взрывного импульса объясняется продолжительностью действия продуктов взрыва за счет перераспределения его энергии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Мельников Н.В., Марченко Л.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда. М., Недра, 1964. -132 с.
- Петров Н.Г., Мальцев С.П Исследования параметров буровзрывных работ на моделях из эквивалентных материалов для условий Читаурского месторождения марганца. В сб. Взрывное дело № 67/24, М., Недра 1969, с. 77-82.
- Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. -М.:Недра, 1966.