УДК 622.233

А.Е.ФРАНТОВ
Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Россия

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАРЯДОВ С ОСЕВОЙ ПОЛОСТЬЮ В СКВАЖИНАХ

Приводится теоретическое обоснование и результаты экспериментальных исследований действия зарядов с осевой полостью в скважинах, изложен механизм воздействия газовой кумулятивной струи на горные породы. Промышленные испытания зарядов с осевой полостью на карьерах показали возможность снизить перебур на 30-40 %.

In work the theoretical substantiation and results of experimental researches of action of charges with an axial cavity in chinks is resulted, the mechanism of influence of a gas cumulative jet on rocks is stated. Industrial tests of charges with an axial cavity on quarries have shown an opportunity to lower overdrill on 30-40 %.

В удлиненных зарядах с осевой полостью в направлении распространения детонации внутри полости идет процесс со скоростью, превышающей скорость детонации заряда так называемая «канальная волна» [2, 8]. Структура канальной волны изображена на рис.1. Рассматриваемый эффект наблюдается при газовом наполнении полости, менее выражено проявляется при заполнении полости конденсированным веществом.

Параметры основной части канальной волны [7] следующие: плотность $\rho = (0{,}25d \div 0{,}02)$ г/см^3; массовая скорость $u = 1{,}8D$ км/с; давление $p = (0{,}7d \div 0{,}4)100$ МПа, где $d = d_2/d_1$, d_2 – диаметр заряда, d_1 – диаметр осевой полости; D – скорость детонации.

Как показывают исследования [4, 5], заряды с осевой полостью в нижней части скважины создают за счет канальной волны и кумулятивной струи взрывной эффект, обеспечивающий проработку пород на уровне подошвы уступа. Для проработки нижней части уступа используется перебур взрывных скважин, в котором размещается заряд ВВ, производящий дробление массива на уровне подошвы уступа. Длина заряда составляет $l_{\text{пер}}/W = 0{,}2 \div 0{,}4$ [3] или дифференцированно по коэффициенту крепости $f = 1 \div 3$ и $f = 3 \div 14$ рекомендуется $l_{\text{пер}}/W = 0{,}2$ и $l_{\text{пер}}/W = 0{,}3$. При торможении струи в забойной части скважины возникают давления, близкие к детонационным. Высокая объемная концентрация энергии шашек баллиститного ракетного твердого топлива (БРТТ) и использование эффекта торможения канальной волны (КВ), а также кумулятивной струи позволяют применять шашки БРТТ на массовой отбойке с уменьшением перебура, что сокращает объем буровых работ. Механизм воздействия газовой кумулятивной струи на горные породы характеризуется параметрами, отличающимися от действия зарядов с металлической облицовкой кумулятивной выемки (рис.2). Давление на границе раздела сред изменяется при применении разных типов ВВ (аммонита 6ЖВ, ТНТ, ТГ и А-IX-1).

Глубина проникновения газовой кумулятивной струи при применении ВВ малой плотности (аммонита 6ЖВ, ТНТ) несущественно зависит от типа ВВ. Однако при увеличении плотности заряда (например, ТНТ) от 1 до 1,59 г/см^3 глубина проникновения возрастает в 2 раза. Как показывает опыт применения зарядов с осевой полостью на предприятиях Кривбасса и флюсовых карьерах, эффект снижения перебура достигается даже при применении граммонита 79/21 или смесей граммонита 79/12 с аммиачной селитрой в соотношении 50:50 ($\rho = 0{,}9 \div 0{,}95$ г/см^3), которые по своим взрывным характеристикам аналогичны аммониту 6ЖВ. В шашках

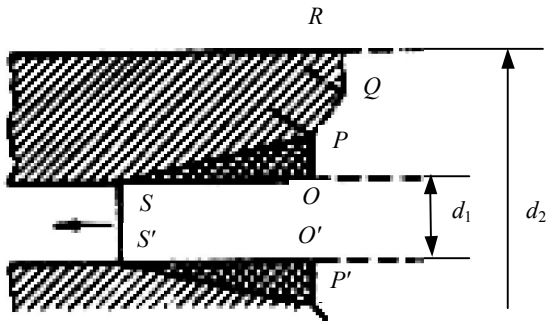


Рис.1. Схема течения в зарядах с каналом
QR – невозмущенный поток начальной детонационной волны; *SS′* – фронт воздушной ударной волны в канале; *SP* – волна сжатия в ВВ, вызванная ударной волной *SS′*; опережающая детонационная волна *OP*, распространяющаяся по ударно-сжатому ВВ в области *OPS*; *PQ* – конический детонационный фронт, движущийся с нормальной скоростью

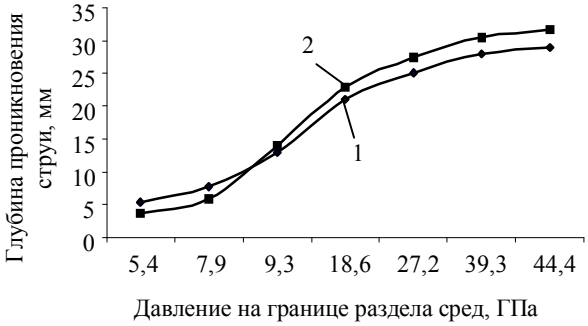


Рис.2. Характер взаимодействия газовой КС с гранитом (1) и каменной солью (2)

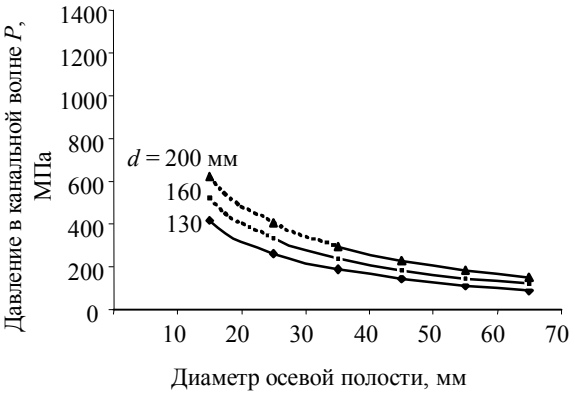


Рис.3. Изменение давления в канальной волне *P* в зарядах с осевой полостью различного диаметра

БРТТ с осевой полостью реализуется эффект газовой кумулятивной струи, что обеспечивает высокие параметры детонации и делает их применение технически обоснованным.

При применении шашек БРТТ в скважинах диаметром 160-250 мм безопасный зазор между боковой поверхностью заряда и стенкой скважины выполняется при соотношении $d_{зар}/d_{скв} \le 0{,}8$. Таким образом, максимальный диаметр шашки БРТТ составляет 130-200 мм (рис.3).

Параметры КВ (плотность, массовая скорость, давление) получены при использовании зарядов с соотношением $d_1/d_2 = 0{,}2 \div 0{,}4$. Для скважинных зарядов диаметром 130; 160 и 200 мм при аналогичном соотношении d_1/d_2 диаметры осевой полости соответственно равны 26-52; 32-64 и 40-80 мм.

На забойную часть скважины первоначально воздействует КВ, а затем кумулятивная струя. Экспериментально измеренные скорость КВ и плотность струи [5] позволяют оценить давление ударного торможения струи при встрече с торцевой преградой. За счет отражения КВ создается давление порядка 0,3-0,5 ГПа, отражение кумулятивной струи приводит к возрастанию давления до 5 ГПа.

Эффективность действия заряда с осевой полостью зависит от его длины [1, 6] и имеет максимум, соответствующий $L/d_1 = 30 \div 40$ калибрам (где L – длина заряда). Шашки БРТТ представлены изделиями с наружным диаметром до 145 мм, длиной 200-730 мм и диаметром осевой полости 8-40 мм. Наиболее высокие параметры газовой кумулятивной струи обеспечивают изделия, у которых соотношение d_2/d_1 максимально. К таким изделиям относятся шашки Н-13, РСИ-5, НМФ-2Д ($P = 310 \div 340$ МПа). С учетом параметров d_2/d_1 и L/d_1 наиболее эффективными являются шашки НМФ-2Д, которые собираются в гирлянду необходимой длины. На основании соотношений d_2/d_1 и L/d_1 определены оптимальные характеристики шашек БРТТ, применяемых в качестве заряда в забойной части скважины – в перебуре (табл.1).

Использование зарядов с осевой полостью на карьере Центрального ГОКа позволило сократить перебур на 30-50 %, на Ингурецком ГОКе – на 50 % или полностью отказаться от перебура [5]. В породах раз-

личной крепости используются скважины диаметром 160-250 мм. Параметры скважинных зарядов для разрушения массива на уровне подошвы уступа определены с учетом относительного перебура для пород различной крепости (табл.2).

Таблица 1

Параметры шашек БРТТ, используемых в забойной части скважин

Диаметр скважины, мм	Шашка			
	Диаметр осевой полости заряда, мм	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг
165	26-52	130	910-1820	18,5-32,5
200	32-64	160	1120-2240	34,5-60,5
250	40-80	200	1400-2800	67,5-118,2

Таблица 2

Параметры зарядов с осевой полостью для скважин различного диаметра

Коэффициент крепости f	Относительный перебур заряда с осевой полостью $l_{пер}/W$	Длина перебура, м	Масса заряда в перебуре при использовании шашек БРТТ с соотношением $d_{зар}/d_{скв} = 0{,}8$ кг
3-5	0,05	0,35; 0,3; 0,25*	16,9; 9,3; 5,1*
5-9	0,1	0,7; 0,6; 0,5	33,8; 18,6; 10,2
9-14	0,15	1,05; 0,9; 0,75	50,7; 27,9; 15,3

* Первое, второе и третье значение соответствует $d_{скв}$ 250; 200 и 165 мм

Работы с шашками БРТТ марок РСИ и НМФ проводились на Гальяновском карьере АООТ «Высокогорский ГОК». Конструкция скважинных зарядов предусматривала создание в обводненной части скважины заряда из шашек БРТТ, верхняя часть скважины заряжалась гранулотолом. Породы были представлены авгитовыми порфиритами ($f = 6 \div 7$), скальными туфами ($f = 5 \div 6$), брекчиевидными известняками ($f = 6 \div 7$). Диаметр скважин составлял 250 мм, высота уступа 12-15 м, расстояние между скважинами 6 м, ЛНС – 9 м. Высота столба воды в скважинах изменялась от 0 до 10 м. При применении шашек НМФ и РСИ в сложных условиях ведения работ получено хорошее качество проработки уступа.

Другие типы шашек БРТТ для формирования нижней части скважинных зарядов применялись на предприятиях СПУ «Западдорвзрывпром», карьере Тейского РУ НПО «Сибруда», карьерах ОАО ПНО «Якуталмаз».

Выводы

1. Использование шашек БРТТ с осевыми полостями дает возможность обеспечить проработку подошвы скальных пород средней крепости за счет эффекта кумуляции ударных волн в продуктах детонации.

2. Для дробления массива на уровне подошвы уступа с уменьшенным перебуром скважин разработаны параметры зарядов с использованием шашек БРТТ типа НМФ-2Д, РСИ-5, РНДСИ и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Детонация удлиненных зарядов с полостями / А.С.Загуменнов, Н.С.Титова, Ю.П.Фадеенко, В.П.Чистяков // ПМТФ. 1969. № 1. С.79-83.

2. *Лобанов В.Ф.* Кумуляция продуктов детонации полого цилиндрического заряда / В.Ф.Лобанов, Ю.И.Фадеенко // Физика горения и взрыва. 1974. № 1. С.119-124.

3. *Мосинец В.М.* Разрушение трещиноватых и нарушенных пород / В.М.Мосинец, А.В.Абрамов. М.: Недра, 1982. 248 с.

4. *Салганик В.А.* Метод повышения полезной работы взрыва на горнорудных предприятиях / В.А.Салганик, Г.А.Воротеляк, С.С.Железняк // Горн. журнал. 1977. № 22. С.54-57.

5. Скважинные заряды взрывчатых веществ с осевой воздушной полостью / В.А.Салганик, Г.А.Воротеляк, В.В.Митрофанов, Н.Ф.Филиппов. Киев: Техніка, 1986. 88 с.

6. *Титов В.М.* Разгон твердых частиц кумулятивным взрывом // В.М.Титов, Ю.И.Фадеенко, Н.С.Титова // Докл. АН СССР. 1968. Т.180. № 5. С.1051-1052.

7. Физика взрыва: В 2 т. / Под ред. Л.П.Орленко. Изд.3-е, переработанное. М.: Физматлит, 2002. Т.1. 832 с.

8. *Woodhed D.W.* Advance detonation in a tubular charge of explosive // Nature. 1959. Vol.183. № 4677. P.1756-1757.