

ПРОЦЕСС РАЗРУШЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В УСТУПЕ И ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Соиск. *Хугаев Ч. П.*, соиск. *Гагиев И. А.*
ООО «ЮгСпецПодземСтрой»

Представлен процесс разрушения породного массива, образование «навала» и его перемещение при отбойке уступа с наличием экранирующей «щели».

Процесс разрушения и перемещения отбиваемой массы в «панели» при трехрядном расположении скважин с наличием экранирующей «щели» рассматривается в три стадии. На первой стадии после детонации заряда ВВ в среде возникает волна сжатия, которая приводит ее в движение. В результате осесимметрического движения среды развивается полость цилиндрической формы (r, m), заполненная газообразными продуктами взрыва, максимальное давление в полости (P_0, MPa) [1]

$$P_0 = \frac{\rho_{ВВ} \cdot V_{ВВ(0)}^2}{(\gamma + 1)g} \cdot 10^{-5}, \quad (1)$$

где $\rho_{ВВ}$ – плотность заряда ВВ, кг/м³;
 $V_{ВВ(0)}$ – скорость детонации ВВ, м/с;
 γ – показатель изэнтропы, равный 3;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Время расширения газовой полости составляет более 0,001с и определяется свойствами среды применяемого ВВ и условиями взрывания. Для карбонатных пород радиус зоны мелкого дробления достигает $r_2 = (8 - 12) R_0$, а радиальных трещин – до $r_1 = 50R_0$ (R_0 – радиус заряда, м).

На второй стадии из-за влияния свободных поверхностей обнажения, и в первую очередь наличия экранирующей «щели», нарушается осесимметрическое развитие газовой полости. Заключенные в полости газообразные продукты взрыва при их движении сообщают нарушенной части массива действием ударной волны в «панели» уступа дополнительное движение, которые взаимодействуют (суммируются) с отраженной от «щели» волной растяжения. На этой стадии (квазистатического разрушения) массив в «панели» достигает [2] максимальных скоростей смещений частиц, создающий запас кинетической энергии, приводящий к преодолению сил сцепления между отдельностями, обеспечивающих разлет кусков в поле силы тяжести.

Заключительный этап – инерциальное движение и образование развала взорванной массы.

Анализ процесса образования навала показывает, что при расположении зарядов в трех рядах параллельно откосу с наличием экранирующей «щели» отбиваемая порода движется в направлении к откосу, оставляя в ненарушенном состоянии законтурный массив нерабочего уступа.

На рис. 1 видны четыре участка расположения движущейся породы в каждой серии взрыва в ряду: 1-й примыкает к подошве уступа (V_1); 2-й, расположенный в середине между зарядом и откосом уступа, имеющий наибольшую скорость ($V_2 = 5-6$ м/с), направление движений его перпендикулярно откосу. Отметим, что при короткозамедленном взрыве каждой серии, начиная с первого ряда, отбиваемый объем породы служит до следующей серии взрыва подпорной стеной и т.д., образуя последовательный каскад объемов пород с образованием трех областей обнажений (подпорная породная стена; плоскость невзорванного участка и бермы); 3-й верхний раздробленный слой уступа (V_3) расположен выше верхнего торца заряда. Угол вектора скорости движения на этом участке равен примерно половине угла откоса (α , град), и 4-й – участок расположения между зарядом каждого заряда и плоскостью отрыва каждой серии (V_4). Объем этих участков (А, Б, В) вычисляется в каждом конкретном случае с учетом приращения от каждой серии дополнительной потенциальной энергии ($\Delta \varepsilon_n$, кгс·м).

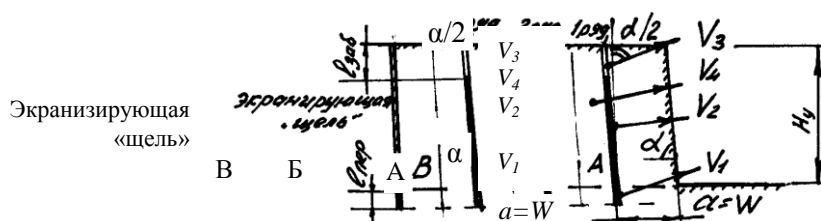


Рис. 1. Общая схема расположения участков движения пород в «панели» уступа при взрыве.

Разрушение массива пород, в основном, завершается совокупным действием волновых (рис. 2) процессов и продуктов взрыва. Основная «энергия» («работа») затрачивается на дробление и перемещение только при наличии не менее трех обнаженных плоскостей (откоса, бермы и экранирующей «щели»), обеспечивающих заданный суммарный коэффициент полезного действия ($N_{вз}$). В породах с акустической жесткостью $A = 16 \cdot 10^6$ кг/м²·с и прочностью на сжатие $\sigma_{сж} = 730$ кг/см² при применении граммонита 79/21В максимальный (полный) КПД взрыва колеблется в пределах 6,8 – 8,5 %. Рассчитано, что КПД на дробление и перемещение пород соответственно равны 4,2 – 4,8 и 2,8 – 3,1 % при критической скорости разрушения массива пород 4,2 – 4,3 м/с.



Рис. 2. Процесс разрушения «панели» и формирования «навала» пород с наличием экранирующей «щели».

Критическая энергия разрушения массива, идущая на отбойку «панели» объемом 840 м³, составляет $(178 - 196) \cdot 10^4$ кгс·м.

В этой связи объем разрушенной массы ($V_{раз}$, м³) составляет [3]:

$$V_{раз} = (1 + K)\pi r_1^2 (h + r_2), \quad (2)$$

где K – общий коэффициент, учитывающий долю разрушенного объема отраженной волны от «щели» и совместного действия с продуктами детонации (объема квазистатического разрушения), равен 0,7 – 0,8; h – высота заряда ВВ над уровнем подошвы уступа (при высоте уступа $H_y = 10$ м величина $h = 7,5 - 7,8$) м; r_1 – радиус зоны радиальных трещин (согласно замерам $r_1 = 5 - 8$), м; r_2 – радиус зоны раздавливания ($r_2 = 1,5 - 2,3$ м), м.

Окончательный объем активно-раздробленной массы в пределах «панели» ($V_{оп}^a$, %)

$$V_{оп}^a = (1 + K) \left[\frac{\pi r_1}{2W} \cdot \frac{2r_1}{a} \cdot \frac{h + r_2}{H_y} \right], \quad (3)$$

где W – линия наименьшего сопротивления по подошве уступа или расстояние между рядами скважин, м; a – расстояние между скважинами в ряду, м;

Расчеты показывают, что при наличии экранирующей «щели» объем активно-раздробленной массы в пределах «панели» возрос до 27 – 30 % или более чем в 2 раза против обычного способа отбойки, а, следовательно, и КПД взрыва, обеспечивая при этом сохранность нерабочих уступов.

Экономические расчеты показывают, что при отбойке карбонатных пород в «панелях» с наличием экранирующих «щелей» себестоимость готовой продукции снизилась на 15,4 %. Динамика удельных затрат, %: бурение технологических скважин – 53,6; обустройство скважин (шпуров) экранирующей щели – 21,5; взрывание – 4,2; эксковация – 18,4 и дробление негабарита – 2,3 %.

Ширина навала взорванной массы от линии скважин 1-го ряда (B , м) (рис. 2)

$$B = (8 - 10) \cdot q_{ВВ} \cdot \sqrt{W \cdot H_y}, \quad (4)$$

где $q_{ВВ}$ – величина заряда ВВ в скважинах, кг/м³.

Ширина навала составляет в пределах 20 – 22 м.

Величина заряда для наклонных технологических скважин рыхления (Q_n , кг)

$$Q_n = (L_{ск} - 0,5 \cdot W_g - l_{заб}) \cdot q_3, \quad (5)$$

где $L_{ск}$ – длина скважин, м;

W_6 – ЛНС по верхней грани (бровки) уступа, м;
 $l_{заб}$ – длина забойки (высота воздушного промежутка) при $l_{ск} = 10$ м составляет 2-2,5 м,
м;

q_3 – необходимое количество ВВ для заполнения 1 м скважин, кг.

Длина забойки ($l_{заб}$) должна быть такой, чтобы волна напряжений после отражения от свободных поверхностей успела подходить к заряду после окончания детонации всей массы заряда [4]. Для карбонатных пород при наличии экранирующей «щели» [5] длина забойки подсчитывается по формуле:

17 Труды молодых ученых № 1–2, 2012

$$l_{заб} = \frac{L_{ск}}{(4-5) \frac{D}{V_n^0} + 1}, \quad (6)$$

где D – скорость детонации заряда ВВ (для граммонита 79/21В) равна 3400 – 3800 м/с;

V_n^0 – скорость отраженной продольной волны, м/с.

Таким образом, назначение экранирующей «щели» - уменьшить до минимума смещение взрываеваемого массива с «тыльной» стороны, а «подушки» мощностью 6 – 8 м, образованной из горной массы каскадным взрывом (от первого до третьего ряда с интервалом в 25 мс), способствовать увеличению продолжительности действия его на предконтурный массив, а также уменьшить энергетические затраты на метательное действие, спокойную геометрическую поверхность развала пород и оптимальный коэффициент разрыхления. Следовательно, повышается КПД взрыва на рыхление всего отбиваемого массива, возрастает производительность экскаватора, безопасность и чистота окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. М.: Недра, 1976. 271 с.
2. Ракишев Б.Р. О моделировании процесса образования навала взорванной породы. В кн. Взрывное дело. М.: Недра, №77/34. С.252 – 260.
3. Ракишев Б.Р. Аналитическое определение кусковатости взорванной горной массы // Изв. вузов. Горн. журн. №7, 1977. с.73 – 79.
4. Lechner E.M. Beitrag zur rechnerischen Bestimmung von Bohrund Sohiepochemen // Rook Meck, 1975, №4.
5. Шевкун Е.Б. Управление буровзрывным комплексом на карьерах. Владивосток. 1990. 123 с.

