Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г.В.Плеханова, 1984, т. 99

УДК 624.132.35

ВЕДЕНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В.П.ТАРАСЕНКО, В.И.СИВЕНКОВ,
В.В.ПУПКОВ

Для ведения наиболее трудоемких горных работ при сооружении котлованов, траншей, планировке площадок наибольшее распространение получил буровзрывной способ. Однако применение взрывных работ часто затруднено стесненными условиями, когда в непосредственной близости находятся здания, сооружения и другие объекты. В этих условиях возникает необходимость защиты охраняемых объектов от разлетающихся в результате взрыва кусков породы. Наиболее распространенным способом защиты является установка над взрываемой поверхностью специальных укрытий, ограничивающих или предотвращающих разлет кусков породы.

Обеспечение безопасности людей и сохранности зданий, сооружений и других объектов, попадающих в опасную зону взрывов, является важнейшей составной частью технологии взрывных работ. Поэтому требуется большая точность расчета при определении массы защитных укрытий и дальности разлета кусков породы из-под укрытия.

Порода, разрушенная взрывом на отдельные куски, занимает значительно больший объем, чем в массиве. При взрывании на одну открытую поверхность или на забой, пригруженный взорванной и неубранной породой, отбитая порода смещается в сторону верхней открытой поверхности. Это требует дополнительной затраты энергии на вспучивание породы. Высота вспучивания при взрывании в указанных случаях зарядов нормального рыхления достигает значений 0,1-0,3 глубины рыхления. Так как мы рассматриваем взрывы рыхления, очевидно, что энергия взрыва должна расходоваться на дробление и вспучивание породы. Однако при взрывании зарядов рыхления происходит и разлет отдельных кусков по следующим причинам: прорыв взрывных газов сквозь трещины во взрываемом массиве; разброс породы с поверхности взрываемого массива; наличие слоистости, трещин и зон ослабления в породе; неточность бурения.

При анализе результатов скоростной киносъемки взрывания с применением щитового укрытия было определено, что укрытие, установленное на высоте менее 0,15 м вследствие своей инерционности получает энергию от ударной воздушной волны, от расширяющихся газообразных продуктов детонации и от движущейся массы породы. Граница зоны действия вспучивающейся массы породы ограничена максимальной высотой вспучивания $1{,}8W_c$, где W_c - линия наименьшего сопротивления верхней торцевой части удлиненного заряда.

Значительное воздействие на укрытие оказывают газообразные продукты детонации (ГПД), которые с большой скоростью вытекают из устья шпура (скважины), прорываются через образовавшиеся в массиве трещины. Зная объем газов, образовавшихся от взрыва ВВ, можно найти такую высоту установки укрытия над взрываемой поверхностью, когда ГПД будут полностью помещаться под укрытием и их воздействие на укрытие будет минимальным. Объем ГПД определяется массой ВВ, которая, в свою очередь, определяется параметрами буровзрывных работ:

$$V_{\text{ГПД}} = V_{\text{уд}} K a b H_{\text{р}},$$

где K – удельный расход ВВ, кг/м^3; $V_{\text{уд}}$ – удельный объем газов взрыва, м^3/кг; $a\,b$ – сетка скважин, м; $H_{\text{р}}$ – глубина рыхления, м.

Объем свободного пространства под укрытием

$$V_{\text{у}} = a b H_{\text{у}},$$

где $H_{\text{у}}$ – высота установки укрытия, м.

Высота установки укрытия, при которой воздействие на него продуктов взрыва будет минимальным,

$$H_{\text{у}} = V_{\text{уд}} K H_{\text{р}}.$$

Значения $V_{\text{уд}}$ для большинства промышленных ВВ составляют 0,9–1,1 м^3/кг, поэтому $H_{\text{у}} = K H_{\text{р}}$. Фактически значения высоты $H_{\text{у}}$, на которой еще заметно воздействие продуктов взрыва, будет значительно меньше, так как часть ПД распространяется в стороны из-под укрытия, а скорость ПД в момент окончания расширения невелика.

Для устранения действия газообразных продуктов взрыва следует устанавливать укрытие над взрываемым блоком на высоте[x]

$$H_{\text{у}} = \frac{0{,}2Q}{ab} = 0{,}2 K H_{\text{р}},$$

где Q – масса заряда в скважине, кг.

Таким образом воздействие продуктов взрыва на укрытие становится несущественным. Установив укрытие на высоте, большей высоты действия ГПД, мы тем самым предупредим и воздействие на укрытие вспучивающейся породы, так как первоначально укрытие приобретает импульс энергии от УВВ. Влияние вспучивающейся породы на уже движущееся укрытие будет мало – скорость движения укрытия сравнима со скоростью вспучивания породы. Высота подбрасывания укрытия, задаваемая при определении массы укрытия, должна быть не меньше, чем максимальная высота вспучивания, превышающая окончательную высоту навала.

Подлет укрытия при взрыве определяется совместным действием раздробленной породы, расширяющихся продуктов детонации и ударной воздушной волны,

---

[x] Техника безопасности при взрывных работах в энергетическом строительстве / А.В.Кореновистов, С.А.Давыдов, Б.И.Каменяка и др. М., Недра, 1980.

энергия которых зависит от параметров взрывания, поэтому была поставлена задача найти взаимосвязь между энергией подлета укрытия и параметрами взрыва.

При промышленных экспериментальных исследованиях высота подлета укрытия фиксировалась скоростной киносъемкой. Всего проанализировано более 60 промышленных взрывов. Общая масса заряда в каждом взрыве изменялась от 1,5 до 250 кг; глубина рыхления – от 0,6 до 5 м; диаметр шпуров 42 мм, скважин – 90, 105 и 150 мм; высота установки укрытия $H_у$ изменялась от 0,15 до 0,8 м. Высота навала измерялась после взрыва. После обработки результатов взрывов получили зависимость массы укрытия от параметров зарядов и установки укрытия:

$$M_у = 1{,}15 \cdot 10^6 \frac{n}{H_п} \frac{N_т^{1{,}33}}{H_у / H_в},$$

где n – количество зарядов, взрываемых под укрытием; $H_п$ – высота подбрасывания укрытия, м; $H_в$ – высота вспучивания породы, м,

$$N_т = \frac{\sqrt[3]{Q_с e\, d}}{l_{заб}};$$

$Q_с$ – масса торцевой части заряда, кг; d – диаметр заряда, м; $l_{заб}$ – длина забойки, м; e – переводной коэффициент по работоспособности ВВ;

$$H_у \geq (0{,}1\text{–}0{,}3) H_р,$$

$$H_в = 0{,}2 H_р K,$$

$$H_п = 1{,}9 W_с,$$

$$W_с = l_{заб} + 0{,}5 l_с,$$

$l_с$ – длина заряда $Q_с$, м.

Масса укрытия не определяет однозначно безопасность взрывания. Для достижения требуемого радиуса опасной зоны по разлету кусков породы необходимо устанавливать щитовое укрытие таким образом, чтобы оно перекрывало траектории вылета кусков, обладающих скоростью, больше допустимой из расчета заданного радиуса опасной зоны.

Величиной перекрытия укрытием участка взрыва считается расстояние от центра крайней скважины до края укрытия $H_{пер}$, которое выбирается в зависимости от требуемого радиуса опасной зоны $R_{оп}$, удельного расхода $K_с$ верхней части заряда $Q_с$ и схемы короткозамедленного взрывания,

$$H_{пер} = (W_с + H_у) k_{пер},$$

где $k_{пер}$ – коэффициент перекрытия,

$$k_{пер} = A - B^{-1} \frac{R_{оп}}{K_с},$$

$R_{оп}$ – радиус опасной зоны по разлету кусков породы, м; A и B составляют соответственно для поскважинной, врубовой и порядной схем 2,04 и 6I,2; 2,23 и 62,3; 2,35 и 7I,3;

$$K_c = \frac{\rho l_{заб} P}{W_c^3},$$

P – вместимость скважины, кг/м; ρ – коэффициент, зависящий от свойств ВВ, породы и направления инициирования.

Для полного исключения разлета кусков породы необходимо коэффициент перекрытия увеличить в I,2 раза, а высоту подбрасывания принять $H_п \leq (0,3\text{-}0,6)W_c$.