

α — угол полураствора призмы;

l — длина заряда или призмы;

S — поверхность отрыва призмы;

V — объем призмы;

F — площадь основания призмы.

Поверхность отрыва у такой призмы будет:

$$S = 2 R l + 2 r W = \frac{2 W l}{\cos \alpha} + 2 W^2 \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

Введем такие обозначения:

$$m = \frac{l}{W}; \quad l = m W. \quad (2)$$

Подставим значение l в предыдущее выражение, тогда:

$$\begin{aligned} S &= \frac{2 W^2 m}{\cos \alpha} + 2 W^2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 W^2 m}{\cos \alpha} + \frac{2 W^2 \sin \alpha}{\cos \alpha} = \\ &= \frac{2 W^2}{\cos \alpha} (m + \sin \alpha). \end{aligned} \quad (3)$$

Объем призмы:

$$V = F l = r W l = W^2 \operatorname{tg} \alpha l = m W^3 \operatorname{tg} \alpha.$$

(4)

Удельная поверхность отрыва (на единицу объема) будет:

$$\begin{aligned} \frac{S}{V} &= \frac{2 W^2}{\cos \alpha} (m + \sin \alpha) : m W^3 \operatorname{tg} \alpha = \\ &= \frac{2 W^2}{\cos \alpha} (m + \sin \alpha) : m W^3 \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{2}{W} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{\sin \alpha} \right). \end{aligned}$$

(5)

Из выражения (5) следует, что при постоянном m и угле α , т. е. при подобии призм, величина удельной поверхности отрыва при от-

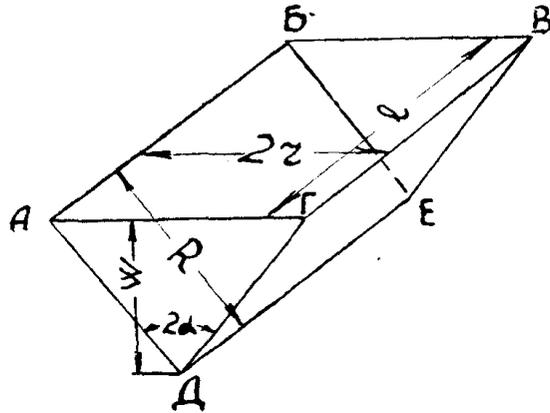


Рис. 1. Форма отрываемого тела — треугольная призма

рыве породы в форме треугольной призмы будет изменяться обратно пропорционально л. н. с.

Рассмотрим теперь, как будет изменяться величина удельной поверхности отрыва с изменением л. н. с., когда отрыв породы от массива происходит не в форме треугольной призмы, а в виде тела любой формы.

Поверхность отрыва у треугольной призмы (3)

$$S = \frac{2 W^2}{\cos \alpha} \left(m + \sin \alpha \right).$$

Объем призмы (4)

$$V = m W^3 \operatorname{tg} \alpha.$$

Если отрываемое тело иной формы, чем треугольная призма, то при одинаковой л. н. с. поверхность отрыва и объем у него будут уже иные.

Поверхность отрыва любого тела S_1 может быть выражена через поверхность отрыва призмы — S , для чего последнюю необходимо изменить в какое-то, не известное нам, n -ое число раз. Точно так же объем любого тела V_1 может быть выражен через объем призмы V , изменив его в какое-то, не известное нам, n_1 -ое число раз.

Тогда поверхность отрыва любого тела будет:

$$S_1 = n \frac{2 W^2}{\cos \alpha} \left(m + \sin \alpha \right), \quad (6)$$

объем его:

$$V_1 = n_1 m W^3 \operatorname{tg} \alpha, \quad (7)$$

а удельная поверхность отрыва:

$$\frac{S_1}{V_1} = \frac{n}{n_1} \frac{2}{W} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{\sin \alpha} \right). \quad (8)$$

Если отрываемое тело будет сохранять свое подобие с изменением л. н. с., то отношение $\frac{n}{n_1}$, m и угол α будут оставаться ве-

личинами постоянными, а, следовательно, величина удельной поверхности отрыва при любой форме отрываемого тела с изменением глубины заложения заряда также будет изменяться обратно пропорционально л. н. с.

Таким образом, при удлинённых зарядах (будет ли происходить отрыв породы от общего массива в форме треугольной призмы, или с основанием призмы в форме эллипса, или отрыв породы будет происходить в плоскости по линии скважин и в плоскости подошвы

уступа, как это имеет место при серийном взрывании и пр.) удельная поверхность отрыва при сохранении подобия отрываемого тела с изменением л. н. с. заряда всегда будет изменяться обратно пропорционально л. н. с.

Но это еще не исчерпывает вопроса, так как сопротивление породы действию взрыва по элементарным площадкам поверхности отрыва может быть не эквивалентно. В зависимости от положения этих элементарных площадок относительно системы сил, развивающихся при взрыве, может иметь место разрыв — скалывание, или скалывание — разрыв, или только скалывание.

Поверхность отрыва любого тела может быть определена по выражению (6).

Чтобы выразить поверхность отрыва в единицах, эквивалентных по сопротивлению, необходимо ввести в выражение (6) какой-то, не известный нам, поправочный коэффициент n_2 .

Тогда поверхность отрыва S_1 в единицах, эквивалентных по сопротивлению, будет:

$$S_2 = n_2 n \frac{2 W^2}{\cos \alpha} \left(m + \sin \alpha \right). \quad (9)$$

Объем же тела останется неизменным (7).

Отсюда удельная поверхность отрыва выразится:

$$\frac{S_2}{V_1} = \frac{n_2 n}{n_1 W} \frac{2}{W} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{\sin \alpha} \right). \quad (10)$$

Так как при постоянном m и угле α с изменением л. н. с. отрываемые тела будут подобны, то все величины в правой части уравнения, кроме л. н. с., будут оставаться величинами неизменными. Откуда следует второй важный вывод: величина удельной поверхности отрыва, выраженная в единицах, эквивалентных по сопротивлению, при подобии отрываемых тел, независимо от их формы, с изменением л. н. с. всегда будет изменяться обратно пропорционально л. н. с.

А это значит, чем глубже заложен заряд, тем меньшее влияние на величину удельного расхода ВВ будет оказывать поверхность отрыва и большее — объем или вес отрываемой породы.

Число единиц площади, на которую оказывает давление воздушный столб, на единицу объема отрываемой породы назовем удельной площадью давления воздушного столба.

Допустим, что отрываемое тело в форме треугольной призмы (рис. 1).

Воздушный столб оказывает давление на площадь АБВГ.

Площадь АБВГ будет:

$$S^1 = 2 rl = 2 W l \operatorname{tg} \alpha, \quad (11)$$

или

$$S^1 = 2 W m W \operatorname{tg} \alpha = 2 W^2 m \operatorname{tg} \alpha. \quad (12)$$

Величина удельной площади давления воздушного столба:

$$\frac{S^1}{V} = \frac{2 W^2 m \operatorname{tg} \alpha}{m W^3 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{2}{W}, \quad (13)$$

т. е. величина удельной площади давления воздушного столба с изменением глубины заложения заряда изменяется обратно пропорционально л. н. с. Это будет справедливо при любой форме отрываемого тела.

Изложенное показывает, что при удлинённых зарядах удельная поверхность отрыва и удельная площадь давления воздушного столба с изменением величины л. н. с. и подобии отрываемых тел будут изменяться совершенно так же, как и соответствующие величины при сосредоточенных зарядах [4;5]. А раз это так, то формула для определения величины удельного расхода ВВ в зависимости от абсолютного значения л. н. с. для удлинённых зарядов будет идентична с формулой для сосредоточенных зарядов [4;5]:

$$q = f(k) q_{\text{норм кг}}, \quad (14)$$

$$f(k) = \frac{1}{k+1} \left(\frac{k}{W} + 1 \right), \quad (15)$$

$f(k)$ — поправка к нормальному удельному расходу ВВ $q_{\text{норм}}$ при л. н. с. $\neq 1$ м.

Теоретически значение $f(k)$ может изменяться в пределах от

$1 (k=0)$ до $\frac{1}{W} (k=\infty)$. Для горных пород эти пределы будут бо-

лее узкие.

Основные свойства $f(k)$ при удлинённых зарядах следующие:

- 1) при л. н. с. = 1 м при всех значениях коэффициента k $f(k) = 1$;
- 2) для л. н. с. $\neq 1$ м изменение численных значений $f(k)$ с изменением л. н. с. будет происходить не по одному, а по разным законам и тем резче, чем больше значение коэффициента k , т. е., чем крепче порода;
- 3) скользящая шкала изменения численных значений $f(k)$ с изменением л. н. с. в зависимости от значения коэффициента k .

Из свойств $f(k)$ вытекает, что:

- 1) с увеличением л. н. с. при всех значениях коэффициента $k \neq 0$ величина удельного расхода будет снижаться;
- 2) снижение величины удельного расхода ВВ будет происходить не по одному, а по разным законам и тем резче, чем больше значение коэффициента k , т. е., чем крепче порода.

Причины возможного уменьшения удельного расхода ВВ с увеличением глубины заложения заряда ранее не были выяснены. Изложенные выше теоретические положения о действии зарядов в среде разъясняют физические причины данного явления.

При расчете удельного расхода ВВ по формуле (14) нормальный удельный расход ВВ должен определяться при том же положении за-

ряда в объекте, порядке взрывания и при том же отношении $\frac{l}{W} = m$ или $\frac{H}{W} = m_1$, при котором в дальнейшем предполагается производить

взрывные работы. В процессе же производства взрывных работ нередко приходится применять заряды при разных значениях m и m_1 . Пользование в этом случае выведенной формулой вызвало бы необходимость при определении нормального удельного расхода ВВ эмпирическим путем определять таковой при всех значениях m и m_1 , которые будут иметь место при производстве взрывных работ. Этот способ является наиболее точным, но может оказаться не всегда приемлемым. Тогда можно пользоваться другим методом — методом пересчета нормального удельного расхода ВВ, хотя и приближенным, но достаточно отвечающим тем требованиям, которые могут быть предъявлены при производстве взрывных работ. Для пересчета нормального удельного расхода ВВ в этом случае может служить табл. 1, в которой приведены данные об относительном изменении величины нормального удельного расхода ВВ в зависимости от значения $\frac{l}{W} = m$ или $\frac{H}{W} = m_1$, составленной на основании теоретического исследования и соответствующих расчетов.

Т а б л и ц а 1

Относительное изменение величины нормального удельного расхода ВВ в зависимости от значения $\frac{l}{W} = m$ или $\frac{H}{W} = m_1$

Значение коэффициента k	Значение $\frac{l}{W} = m$		или $\frac{H}{W} = m_1$	
	1	2	3	4
$k = 1$	1	0,90	0,86	0,85
$k = 9,5$	1	0,81	0,75	0,72

Для расчета зарядов рыхления нормальный удельный расход ВВ должен определяться для заряда рыхления. Для зарядов нормального выброса нормальный удельный расход ВВ принимается для зарядов нормального выброса, а численное значение $f(k)$ для всех л. н. с. — равным единице. Если же требуется для тех или иных л. н. с. регулировать выброс породы между зарядов нормального выброса и зарядом рыхления, этого можно достичь, придавая промежуточные значения удельному расходу ВВ для той или иной л. н. с. между зарядом нормального выброса и зарядом рыхления.

Для определения удельного расхода ВВ нами была дана формула (14).

При бесконечно большом значении л. н. с.

$$q = \frac{k}{(k+1)^\infty} q_{\text{норм}} + \frac{1}{k+1} q_{\text{норм}} =$$

$$= 0 + \frac{1}{k+1} q_{\text{норм}} = \frac{1}{k+1} q_{\text{норм}}. \quad (16)$$

К этим предельно - минимальным значениям будет стремиться удельный расход $ВВ - q$ при всех численных значениях коэффициента k с увеличением л. н. с.:

1) предел, к которому будет стремиться удельный расход $ВВ - q$ по мере увеличения л. н. с., будет зависеть от величины нормального удельного расхода $ВВ q_{норм}$ и значения коэффициента k ;

2) при л. н. с. = 30 м удельный расход $ВВ - q$ для всех значений коэффициента k будет весьма близок к своему предельно - минимальному значению.

В виде примера можно указать, что при коэффициенте $k = 10$ предельно - минимальное значение удельного расхода $ВВ = 0,091 q_{норм}$, при $k = 1 - 0,50 q_{норм}$, а при $k = 0,1 - 0,9 q_{норм}$.

При л. н. с. = ∞ удельный расход $ВВ$ будет расходоваться, по существу, только на преодоление силы тяжести отрываемой породы.

Для л. н. с. < 1 м удельный расход $ВВ - q$ будет, наоборот, возрастать, стремясь к своему максимальному пределу.

Степень дробления породы, относительная крупность породы, степень ее выброса в зависимости от величины л. н. с. при удлиненном заряде будет изменяться совершенно так же, как и при сосредоточенном.

Формулы для расчета зарядов

Формула (14) для определения величины удельного расхода $ВВ q$ в зависимости от глубины заложения заряда применима при любой форме отрываемого тела породы от массива.

Для вычисления величины заряда отрываемое тело породы также может быть принято любой формы. Важно лишь то, чтобы форма отрываемого тела и его подобие сохранялись как при определении нормального удельного расхода $ВВ$ (л. н. с. = 1 м), так и при последующих расчетах, т. е. при л. н. с. ≠ 1 м.

Общий вид формулы для расчета зарядов будет:

$$Q = f(k) q_{норм} V \text{ кг}, \quad (17)$$

где Q — вес заряда в кг;

V — объем отрываемой породы в $м^3$.

В дифференцированном виде формулы для расчета удлиненных зарядов при различном положении их во взрываемом объекте и условиях взрывания могут быть представлены в следующем виде.

1. Для расчета одиночных удлиненных зарядов, параллельных свободной поверхности, снестесненным действием:

$$Q = \frac{1}{k + 1} \left(\frac{k}{W} + 1 \right) q_{норм} W^2 l \text{ кг}, \quad (18)$$

или

$$Q = f(k) q_{норм} W^2 l \text{ кг}, \quad (19)$$

где W — л. н. с. в м;

$q_{норм}$ — нормальный удельный расход (л. н. с. = 1 м) в кг,

l — длина заряда в м.

2. Для расчета одиночных зарядов в уступах (поверх перебура) при наличии одной свободной поверхности можно пользоваться формулой (19), а также формулой:

$$Q = \frac{1}{k+1} \left(\frac{k}{W} + 1 \right) q_{\text{норм}} W^2 H \text{ кг}, \quad (20)$$

$$\text{или } Q = f(k) q_{\text{норм}} W^2 H \text{ кг}, \quad (21)$$

где W — л. н. с. или расчетная линия сопротивления (по подошве уступа), если уступ не отвесный в m ;

H — высота в m .

Формулы (19) и (21) при расчете зарядов должны давать одинаковые результаты, разница лишь в способе определения нормального удельного расхода $ВВ$ $q_{\text{норм}}$. По формуле (19) этот расход определяется, исходя из объема $W^2 l$, а по формуле (21) — $W^2 H$.

3. Для расчета зарядов в уступах (поверх перебура) при расположении их рядами и одновременном взрывании:

$$Q = \frac{1}{k+1} \left(\frac{k}{W} + 1 \right) q_{\text{норм}} a m W^2 \text{ кг}, \quad (22)$$

или

$$Q = f(k) q_{\text{норм}} a m W^2 \text{ кг}, \quad (23)$$

или

$$Q = f(k) q_{\text{норм}} a W H \text{ кг}, \quad (24)$$

где a — расстояние между зарядами в ряду в m ;

W — л. н. с. или расчетная линия сопротивления, если уступ не отвесный в m ;

m — отношение $\frac{l}{W}$.

При выборе расстояния между зарядами в ряду, величины заряда во втором и последующих рядах, отношений $\frac{l}{W} = m$ или $\frac{H}{W} = m_1$,

глубины перебура и прочих элементов надлежит пользоваться назначенными для этой цели формулами, параметрами, прочими элементами и установленными положениями.

Особенности выведенной формулы:

- 1) она является формулой общего вида;
- 2) изменение веса заряда, рассчитанного по данной формуле, с изменением глубины его заложения в зависимости от значения коэффициента k (крепости породы) будет происходить не по одному, а по разным законам.

Определение значений коэффициента k

Общий вид формулы для определения $f(k)$:

$$f(k) = \frac{1}{k+1} \left(\frac{k}{W} + 1 \right).$$

Значение $f(k)$, в зависимости от значения коэффициента k , теоре-

тически может изменяться в пределах от 1 до $\frac{1}{W}$. Значение $f(k) = \frac{1}{W}$ будет соответствовать тому случаю, когда заряд преодолевает только сопротивление по поверхности отрыва и сопротивление от давления воздушного столба. Такого случая при взрывании горных пород быть не может.

По формуле Гаузера значение $f(n) = n^3$. Для зарядов наибольшего сжатия и бризантном ВВ значение показателя действия взрыва n в этой формуле условно принимают $= 0,5$, при котором значение $f(n) = 0,5^3 = 0,125 = 1/8$.

При бризантных ВВ заряды рыхления принимают в пределах от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{8}$ зарядов разрушения.

Анализируя формулу Лареса, нетрудно установить, что при увеличении л. н. с. свыше 30 м пределом значения $f(n)$ также является $0,125 = 1/8$.

По формуле В. К. Карчевского значение $f(n)$ при л. н. с. = 30 м равно $0,13 = \frac{1}{7,7}$.

Хотя заряды при значении $f(n) = 0,125$, по некоторым признакам относятся к зарядам наибольшего сжатия, практический опыт подтверждает, что в условиях горных работ при применении таких зарядов получают достаточно хорошие результаты.

При л. н. с. = 30 м и значении коэффициента $k = 9,5$ численное значение $f(k) = 0,125$. Для $k = 10$ численное значение $f(k)$ при л. н. с. = 30 м будет $= 0,121$, а для $k = 15$ равно $0,094$.

Значение коэффициента k возрастает по мере увеличения крепости породы. Поэтому значение коэффициента $k = 9,5$ можно принять за его предельно-максимальное значение для горных пород.

Породами наивысшей крепости, согласно классификации горных пород по взрываемости Лареса, являются в высшей степени вязкие и плотные кварциты, следовательно, для кварцитов необходимо принять максимально-предельное значение коэффициента $k = 9,5$, при котором для л. н. с. = 30 м численное значение $f(k) = 0,125$.

По указанной классификации для в высшей степени вязких и плотных кварцитов нормальное значение удельного расхода ВВ с работоспособностью 480 см^3 при одиночном взрывании гомогенной породы на боковой отвал, при одной свободной поверхности и л. н. с. = 1 м, при коэффициенте плотности заряжения и плотности забойки, равными 1, $q_1 = 1,5 \text{ кг}$. Объемный вес в высшей степени плотных и вязких кварцитов $= 3,0 \text{ т/м}^3$

Согласно выражению (16), удельный расход ВВ на преодоление силы тяжести отрываемой породы с учетом расхода его энергии на ее дробление

$$qv = \frac{q_{\text{норм}}}{k + 1}.$$

Для кварцитов при указанном ранее значении нормального удельного расхода ВВ

$$q_v = \frac{1,5}{9,5 + 1} = 0,143 \text{ кг} = 143 \text{ г} \quad (25)$$

или на 1 *m* их веса:

$$a = \frac{q_v}{3} = \frac{143}{3} \cong 48 \text{ г/м.} \quad (26)$$

На величину заряда, расходуемого на преодоление силы тяжести одной весовой единицы отрываемой породы, будут оказывать влияние следующие факторы:

1. Работоспособность ВВ.
2. Направление силы удара относительно направления силы тяжести, т. е. будет ли производиться подъем породы, отрыв ее вниз, боковой отвал и т. д.

3. Число свободных поверхностей или число линий удара.

4. Физико-механические свойства взрывающей породы.

Энергия заряда при ультрадинамическом ударе при взрыве расходуется не только на полезную работу, т. е. преодоление силы тяжести отрывающей породы, но и на внутренние деформации: сжатие породы, ее дробление, упругие и пластические деформации. Так как характер этих внутренних деформаций будет различен в зависимости от физико-механических свойств взрывающей породы, различно будет их влияние на величину заряда.

5. Техника заряжания и взрывания, т. е. правильность заряжания качество забойки, условия взрывания: последовательное или одновременное.

Исследование и изучение этого вопроса показали, что вес заряда на преодоление силы тяжести одной весовой единицы отрывающей породы *a* для классов пород, принятых в классификации Лареса, при работоспособности ВВ = 480 см³ и тех же условиях взрывания, имея в виду возможную точность расчета зарядов в столь непостоянной среде, как горные породы, практически можно считать величиной постоянной, равной 48 г/м.

При ВВ не с работоспособностью 480 см³, а также, учитывая плотность заряжания и качество забойки, вес заряда на преодоление силы тяжести одной весовой единицы отрывающей породы будет:

$$a_1 = \frac{ed}{\Delta} a \text{ г/м,} \quad (27)$$

где *e* — коэффициент, характеризующий работоспособность применяемого ВВ по отношению к ВВ с работоспособностью 480 см³;

d — коэффициент, характеризующий качество забойки;

Δ' — коэффициент, характеризующий плотность заряжания.

Удельный расход ВВ на преодоление силы тяжести отрывающей породы выразится:

$$q_v = a_1 \gamma \text{ г/м}^3, \quad (28)$$

где γ — объемный вес породы *m/м*³.

В общем виде нормальный удельный расход ВВ для одиночного

заряда при одной свободной поверхности и взрывании породы на боковой отвал может быть определен по формуле:

$$q_{\text{норм}} = q = q_1 s v \frac{e}{\Delta} d. \quad (29)$$

Удельный расход ВВ на преодоление сопротивления по поверхности отрыва и от давления воздушного столба будет:

$$q_{\omega} = q_{\text{норм}} - a_1 \gamma z/m^3. \quad (30)$$

Отсюда значение коэффициента k :

$$k = \frac{q_{\omega}}{q_v} = \frac{q_{\text{норм}} - a_1 \gamma}{a_1 \gamma} = \frac{q_{\text{норм}}}{a_1 \gamma} - 1. \quad (31)$$

После подстановки в формулу (31) значений для $q_{\text{норм}}$ и a_1 для одиночного заряда при одной свободной поверхности и взрывании породы на боковой отвал получим:

$$k = \frac{q_1 s v \frac{e}{\Delta} d}{\frac{e}{\Delta} d a \gamma} - 1 = \frac{q_1 s v}{a \gamma} - 1, \quad (32)$$

где s — коэффициент структуры породы;
 v — коэффициент зажима взрывающей породы.

По формуле (32) устанавливается зависимость значения коэффициента k от пяти величин. Влияние каждой из них на коэффициент k ясно из формулы.

Если нормальный удельный расход ВВ $q_{\text{норм}}$ определен эмпирическим путем, то для вычисления коэффициента k надлежит пользоваться формулой (31). В этом случае значение $q_{\text{норм}}$ будет равно фактическому нормальному удельному расходу ВВ.

Если производится подъем породы, то формула для определения значения коэффициента k при одиночном заряде с одной свободной поверхностью будет:

$$k = \frac{q_{\omega}}{q_v} = \frac{q^1_{\text{норм}}}{a_2 \gamma} - 1. \quad (33)$$

$$q^1_{\text{норм}} = q_{\text{норм}} v_1, \quad (34)$$

$$a_2 = a_1 + \frac{q^1_{\text{норм}} - q_{\text{норм}}}{\gamma} z/m, \quad (35)$$

где a_1 , $q_{\text{норм}}$ и γ — имеют прежнее значение;
 a_2 — величина заряда, расходуемого на преодоление силы тяжести одной весовой единицы при подъеме породы в z/m ; v_1 — коэффициент зажима взрывающей породы в зависимости от направления силы удара относительно силы тяжести.

При наличии двух и более свободных поверхностей для определения значения коэффициента k могут служить те же формулы, но значение a_1 в этом случае должно определяться по выражению:

$$a_1 = \frac{ved}{\Delta} a \text{ г/м}, \quad (36)$$

где v — коэффициент зажима взрываеваемой породы в зависимости от числа свободных поверхностей.

Выведенными формулами для определения коэффициента k надлежит пользоваться и при серийном взрывании зарядов.

Примеры методики расчета зарядов

Расчет зарядов в примерах 1, 2 и 3 произведен исходя из принятой ранее классификации Лареса горных пород по взрываемости.

Пример 1. Рассчитать удлиненный заряд при одной свободной поверхности и взрывании породы на боковой отвал. Данные: взрываеваемая порода — сланцы с коэффициентом крепости $f=6$, $\gamma=2,5 \text{ т/м}^3$, $s=1$, $v=1$, $\Delta=0,8$, $d=1$, высота уступа $H=5,5 \text{ м}$, р. л. с. = 5 м , ВВ — аммонит № 10, $e=1,72$.

Нормальный удельный расход ВВ по формуле (29)

$$q_{\text{норм}} = q_1 sv \frac{e}{\Delta} d = \frac{0,3 \cdot 1,72}{0,8} = 0,645 \text{ кг.}$$

По формуле (32):

$$k = \frac{q_1 sv}{a \gamma} - 1 = \frac{300}{48 \cdot 2,5} = 1,5.$$

По формуле (15) численное значение

$$f(k) = \frac{1}{k+1} \left(\frac{k}{W} + 1 \right) = \frac{1}{1,5+1} \left(\frac{1,5}{5} + 1 \right) = 0,52.$$

Вес заряда на основной взрыв по формуле (21):

$$Q = f(k) q_{\text{норм}} W^2 H = 0,52 \cdot 0,645 \cdot 5^2 \cdot 5,5 = 46,8 \text{ кг.}$$

Удельный расход ВВ при р. л. с. = 5 м

$$q = f(k) q_{\text{норм}} = 0,52 \cdot 0,645 = 335 \text{ г/м}^3.$$

Пример 2. Рассчитать удлиненный заряд (поверх перебура) при одной свободной поверхности и взрывании породы на боковой отвал. Данные: взрывается каменный уголь, коэффициент крепости которого $f=2$, $\gamma=1,35 \text{ т/м}^3$, $s=0,8$, $v=1$, ВВ аммонит № 10, $e=1,72$, $\Delta=0,8$, $d=1,3$, высота уступа $H=11 \text{ м}$, р. л. с. = 7 м .

Нормальный удельный расход ВВ по формуле (29):

$$q_{\text{норм}} = \frac{0,1 \cdot 0,8 \cdot 1,72 \cdot 1,3}{0,8} = 0,223 \text{ кг.}$$

По формуле (32):

$$k = \frac{100 \cdot 0,8}{48 \cdot 1,35} - 1 = 0,23.$$

По формуле (15) численное значение

$$f(k) = \frac{1}{0,23 + 1} \left(\frac{0,23}{7} + 1 \right) = 0,84.$$

Вес заряда на основании взрыва

$$Q = f(k) q_{\text{норм}} W^2 H = 0,84 \cdot 0,223 \cdot 7^2 \cdot 11 = 100,7 \text{ кг.}$$

Удельный расход ВВ при р. л. с. = 7 м

$$q = f(k) q_{\text{норм}} = 0,84 \cdot 223 = 187 \text{ г/м}^3.$$

Пример 3. Рассчитать удлиненный заряд при одной свободной поверхности и взрывании на боковой отвал (поверх перебура). Данные: взрываема порода песчаник, для которого опытным путем определено $q_{\text{норм}} = 1 \text{ кг}$, $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$, ВВ аммонит № 10, $e = 1,72$, $\Delta = 0,8$, $d = 1$, высота уступа $H = 10 \text{ м}$, р. л. с. = 6,6 м.

Вес заряда на преодоление силы тяжести одной весовой единицы отрываемой породы по формуле (27):

$$a_1 = \frac{ed}{\Delta} \quad a = \frac{1,72}{0,8} \cdot 48 = 103 \text{ г/т.}$$

По формуле (31):

$$k = \frac{q_{\text{норм}}}{a_1 \gamma} - 1 = \frac{1000}{103 \cdot 2,5} - 1 = 2,8.$$

По формуле (15):

$$f(k) = \frac{1}{2,8 + 1} \left(\frac{2,8}{6,6} + 1 \right) = 0,40.$$

Вес заряда на основной взрыв

$$Q = f(k) q_{\text{норм}} W^2 H = 0,40 \cdot 1,0 \cdot 6,6^2 \cdot 10 = 174,2 \text{ кг.}$$

Удельный расход ВВ при р. л. с. = 6,6 м:

$$q = f(k) q_{\text{норм}} = 400 \text{ г/м}^3.$$

Окончательное значение коэффициента k в расчетной формуле, для тех или иных конкретных условий, корректируется в соответствии с результатами взрывов. В настоящее время имеется несколько классификаций горных пород по взрываемости, с резко расходящимися данными о нормальном удельном расходе ВВ для пород с одними и теми же физико-механическими свойствами. В свете развиваемых новых теоретических положений существует настоятельная необходимость в разработке рациональной единой классификации горных пород по взрываемости и по коэффициенту k при различной форме зарядов, положении их во взрываемом объекте и условиях взрывания. Эта работа сложная, весьма трудоемкая, требующая участия в ней большого коллектива советских ученых и работников производства.

Заключение

Расчетом зарядов занимался ряд исследователей, начиная с 1812 г., когда были предложены первые формулы, вплоть до настоящего времени.

Все предложенные формулы, выведенные авторами для одних конкретных условий, при практическом применении их в других конкретных условиях дают неудовлетворительные противоречивые результаты и ни одна из них не получила общего признания.

Явление взрыва объективно в физико-механическом отношении и должно иметь единую природу сил и единое выражение.

Предлагаемые нами формулы для расчета зарядов при различном положении их во взрываемом объекте и условиях взрывания основаны на совместном учете факторов преодоления сил сцепления по поверхности отрыва, силы тяжести отрываемой породы и сопротивления дроблению породы, имеют единую природу сил и в общем виде единое выражение.

Многие явления при взрыве, физического объяснения которым не было дано, в том числе и причинам изменения величины удельного расхода ВВ с изменением глубины заложения заряда, зависимости радиуса действия взрыва от глубины заложения заряда и показателя действия взрыва, получили свое физическое объяснение в свете развитых теоретических положений. Противоречие между формулами, предложенными исследователями ранее, устранено.

Подавляющее большинство предложенных ранее формул является эмпирическими и полуэмпирическими, построенными на экспериментальной основе, на основе опытных взрывов в конкретных условиях. Нами на основе развитых теоретических положений обобщены эти формулы, построенные на экспериментальной основе, следовательно, предлагаемые формулы также построены на экспериментальной основе, но только с широким использованием отечественного и мирового опыта.

Скользящая шкала численных значений $f(k)$ в формулах открывает большие возможности для управления расчетом зарядов. Результаты расчета зарядов при этом будут зависеть от того, насколько правильно выбрано значение нормального удельного расхода ВВ и коэффициента k . Нами предложен метод определения коэффициента k теоретическим путем. При практическом пользовании выведенными формулами значение этих величин в конкретных условиях производства взрывных работ может быть уточнено. Это вопрос дальнейшей работы и времени. Таким образом надо лишь уметь воспользоваться этими формулами общего вида, научиться управлять расчетом, надлежащим образом используя представляющиеся возможности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродский М. П. О действии взрыва в твердой среде. Теория и практика буровзрывных работ в горной промышленности, Всесоюзное инженерно-техническое горное общество, Углетехиздат, 1953.
 2. Карчевский В. К. Новое основание расчета зарядов, Магнитогорский горно-металлургический институт, Научные труды, вып. 2, Вопросы горного дела. Метиздат, 1945.
 3. Мельников Н. В. Уточнение формулы по расчету зарядов для взрывных работ, Уголь №3, 1944.
 4. Основин С. Д. Действие сосредоточенных зарядов и их расчет, Томский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. С. М. Кирова. Вопросы разработки мощных пластов Кузбасса. Москва, Углетехиздат, 1953.
 5. Основин С. Д. Действие и расчет зарядов уменьшенного выброса и зарядов рыхления. Известия Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института имени С. М. Кирова, 79, Томск, 1954.
 6. Основин С. Д. Методы и формулы для расчета сосредоточенных зарядов, Известия Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им. С. М. Кирова, т. 84, Томск, 1955.
 7. Суханов А. Ф. Единая классификация горных пород по взрываемости и новый метод расчета зарядов взрывчатых веществ, Горный журнал № 6, 1955.
-