

Практическая работа №1

Взрывная подготовка горных пород

1. Выбор вида бурения, модели бурового станка и технологические расчеты процесса бурения скважин

При решении этого вопроса следует учитывать и привести масштабы горных работ, крепость и категорию буримости горных пород, и рекомендуемую область применения основных способов бурения (табл.1).

Таблица 1

Характеристика и область применения основных способов бурения

Способ бурения	Средние показатели			Область применения		
	$d_{\text{скв}}$, мм	H_b , м	$A_{\text{ст}}$, м/ч	P_b	$V_{\text{к}}$, млн.м ³ /год	Типичные породы и особые усилия
Шнековый	125-160	до 25	2-12	1-5	до 40-60	Уголь, аргиллиты, известняк мягкий, мергель
Ударно-вращательный	100-200	до 30	1,2-5	5-20	до 4-6	Высокообразивные, вязкие, исключительно труднобуримые породы (базальты, граниты, гнейсы, габбро и др.)
Термический	250-360	до 17-22	до 12-15	10-15	до 20-30 и более	Исключительно труднобуримые кварцсодержащие породы (кварциты, арбито-ориты и др.)
Шарошечный	190-320	до 35	2,5-20	5-16	Практически любая, выше 1-1,5	Породы средней и выше средней буримости и крепости

При этом необходимо сопоставлять возможные способы и всесторонне доказать техническую возможность выбранного способа.

Модель бурового станка выбирается из числа выпускаемых отечественной, или промышленностью и импортных (если имеются хорошая техническая характеристика и опыт использования на практике), при этом в обязательном порядке учитываются диаметр и угол наклона скважин. Для обоснования последнего необходимо рассчитать величину сопротивления по подошве – W для вертикальных скважин по условию безопасного размещения станка на верхней площадке. Если W превышает 30 диаметров скважин в трудно-, 40 диаметров в средне- и 50 диаметров в слабых породах следует переходить на наклонное бурение, так как в противном случае подошва уступа обычно прорабатывается неудовлетворительно.

Расчет технических параметров (осевое давление, скорость вращения, требуемое количество сжатого воздуха и др.), определяющих оптимальный режим бурения,

производится по формулам, приведенным в учебниках и справочниках «Открытые горные работы».

При определении сменной производительности бурового станка тщательному обоснованию подлежат техническая скорость бурения (удельные затраты времени на бурение), время вспомогательных операций и коэффициент использования нормативного времени смены $T_{см}$ для бурения за вычетом вероятных простоев станка.

Сумму удельных затрат времени на выполнение вспомогательных технологических операций необходимо определять по выражениям, приведенным в книгах «Технология и процессы открытых горных работ» и справочниках ОГР.

Количество работающих станков устанавливается, исходя из годового объема вскрышных работ, выхода горной породы с 1 погонного метра скважины и производительности бурового станка.

2. Технологические расчеты буро - взрывных работ

В начале выбираются типы взрывчатого вещества, средства инициирования и способ взрывания с учетом состояния горного массива и взрываемости пород. Затем определяется оптимальная величина удельного расхода ВВ для пород и полезного ископаемого в отдельности по формулам и с использованием существующих классификаций (шкал) горных пород по взрываемости.

Расчет линии сопротивления по подошве, расстояния между скважинами и между рядами, величины перебура, длина забойки и др. производится по формулам. Вес заряда ВВ в скважине определяется по объемной формуле и проверяется по вместимости 1 м скважины.

Конструкция заряда устанавливается с учетом переслаивания и разрушаемости вскрышных пород по высоте уступа, при этом обосновывается длина забойки, а при рассредоточенном заряде определяется также и длина воздушного или иного промежутка.

При расчете параметров развала взорванных пород исходят из ширины рабочей площадки, числа рядов скважин и схемы КЗВ, расчету подлежат и интервал замедления при КЗВ.

3. Расчет безопасных расстояний и определение радиуса опасной зоны

Безопасные расстояния при производстве массовых взрывов на карьере устанавливаются проектом и должны быть такими, чтобы исключить несчастные случаи с людьми, а также повреждение горного оборудования, производственных зданий и сооружений.

За безопасное расстояние необходимо принимать наибольшее из установленных по различным поражающим факторам.

Расстояние, опасное для людей по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов, рассчитанных на разрыхляющее (дробящее) действие, определяется по формуле:

$$r_{\text{разл}} = 1250 * \eta_z \sqrt{\frac{f}{1 + \eta_{\text{заб}}} * \frac{d}{a}}, \text{ м}$$

где: η_z – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом;
 $\eta_{\text{заб}}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой;
 f - коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М.Протоdjяконова;
 d – диаметр взрываваемой скважины, м;
 a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Коэффициент заполнения скважин взрывчатым веществом η_z равен отношению длины заряда в скважине l_z , к глубине пробуренной скважины L_c

$$\eta_z = \frac{l_z}{L_c}.$$

Коэффициент заполнения скважины забойкой равен отношению длины забойки $l_{\text{заб}}$, к длине свободной от заряда верхней части скважины l_n :

$$\eta_{\text{заб}} = \frac{l_{\text{заб}}}{l_n}.$$

При полном заполнении забойкой свободной от заряда верхней части скважины $\eta_{\text{заб}} = 1$, при взрывании без забойки $\eta_{\text{заб}} = 0$.

Коэффициент крепости пород:

$$f = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{100}$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ – предел прочности пород на одноосное сжатие при стандартном испытании образцов правильной формы, кгс/см².

При ведении взрывных работ в горных породах, классификация которых осуществляется по строительным нормам, в случае отсутствия или не достаточной представительности данных по прочностным характеристикам разрабатываемых грунтов, коэффициент крепости f определяется по формуле:

$$f = \left(\frac{F}{2,5}\right)^2$$

где F – номер группы взрывааемых грунтов по строительным нормам.

При взрывании серии скважинных зарядов одинакового диаметра с переменными параметрами $a, \eta_z, \eta_{\text{заб}}$ расчет безопасного расстояния по формуле (1) должен проводиться по наименьшим значениям $a, \eta_{\text{заб}}$ и наибольшему η_z из всех имеющихся в данной серии.

Если взрываемый участок массива представлен породами с различной крепостью, следует в расчете $r_{\text{разл}}$ принимать максимальное значение коэффициента крепости грунта f .

При производстве взрывов на косогорах, а также в условиях превышения верхней отметки взрываемого участка над участками границы опасной зоны более чем на 30 м размеры опасной зоны в направлении вниз по склону должны быть увеличены и

безопасные расстояния по разлету отдельных кусков породы (м) рассчитаны по формуле:

$$R_{\text{разл}} = r_{\text{разл}} K_p, \text{ м}$$

Где $R_{\text{разл}}$ – опасное расстояние по разлету отдельных кусков породы в сторону уклона косогора или местности, расположенной ниже 30 м, считая от верхней отметки взрывающего участка;

K_p – коэффициент, учитывающий особенности рельефа местности.

При взрывании на косогоре:

$$K_p = 1 + \tan \beta$$

где β – угол наклона косогора к горизонту, град.

В тех случаях, когда вместо угла β известно превышение места взрыва над границей опасной зоны,

$$K_p = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4H}{r_{\text{разл}}}} \right)$$

где H – превышение верхней отметки взрывающего участка над участком границы опасной зоны, м.

Если в каком-либо направлении граница опасной зоны проходит по уклону (склону), необходимо учесть возможное скатывание отдельных кусков породы и увеличить в этом направлении безопасное расстояние. Также необходимо учитывать влияние силы ветра на возможное увеличение дальности разлета кусков породы.

Расчетное значение опасного расстояния округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательное принимаемое при этом безопасное расстояние не должно быть меньше минимальных расстояний, указанных в приложении 1 «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Безопасные расстояния по разлету кусков породы от места взрыва до механизмов, зданий, сооружений определяются в проекте на массовый взрыв с учетом конкретных условий.

Расстояния, на которых колебания грунта, вызываемые одновременным (без замедления) взрыванием группы из N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q , становятся безопасными для зданий и сооружений определяются по формуле:

$$r_c = N^{\frac{1}{6}} K_r K_c \alpha \sqrt[3]{Q} \quad (1)$$

где r_c – расстояние от места взрыва до охраняемого здания, сооружения, м;

K_r – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения);

K_c – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки;

α – коэффициент, зависящий от условий взрывания;

Q – масса заряда, кг.

Таблица 2

Значения коэффициента K_r

Скальные породы плотные, ненарушенные	5
Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании	8
Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м	12
Почвенные обводненные грунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод	15
Водонасыщенные грунты	20

Таблица 3

Значения коэффициента K_c

Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1
Одиночные здания высотой не более двух-трех этажей с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2

Таблица 4

Значения коэффициента α

Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление	1
Взрыв на выброс	0,8
Взрыв полуглубленного заряда	0,5

В тех случаях, когда характеристика грунта не в полной мере соответствует приведенной выше или известна ориентировочно, следует принимать для расчета ближайшее, большее значение коэффициента K_r .

При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значения коэффициента α следует увеличить в 1,5-2 раза. При взрыве наружных зарядов на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

При одновременном взрывании N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q со временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс безопасное расстояние r_c , м, будет равно:

$$r_c = \frac{K_r K_c \alpha}{N^{\frac{1}{4}}} \sqrt[3]{Q} \quad (2)$$

При взрывании групп зарядов с замедлениями между взрывами в отдельной группе менее 20 мс каждую такую группу следует рассматривать как отдельный заряд с общей массой для группы; r_c определять по формуле (2), где N – число групп.

Приведенные методы определения безопасных расстояний относятся к зданиям, находящимся в удовлетворительном техническом состоянии. При наличии повреждений в зданиях (трещин в стенах и т.п.) безопасные расстояния, определенные по формулам (1) – (2), должны быть увеличены. Это увеличение устанавливается по заключениям специализированных организаций. При отсутствии таких заключений безопасные расстояния должны быть увеличены не менее чем в 2 раза.

Определение расстояний, безопасных по действию ударных воздушных волн на застекление, при взрывании наружных зарядов и скважинных зарядов рыхления производится следующим образом.

При одновременных взрывах наружных и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления безопасные расстояния r_b по действию УВВ на застекление при взрывании пород VI-VIII групп по классификации СНиП определяют по формулам:

$$r_b = 200\sqrt[3]{Q_3}, \text{ м, при } 5000 > Q_3 \geq 1000 \text{ кг} \quad (3)$$

$$r_b = 65\sqrt{Q_3}, \text{ м, при } 2 \leq Q_3 < 1000 \text{ кг} \quad (4)$$

$$r_b = 63\sqrt[3]{Q_3^2}, \text{ м, при } Q_3 \leq 2 \text{ кг,} \quad (5)$$

где Q_3 – эквивалентная масса заряда, кг.

При взрывании пород IX группы и выше радиус опасной зоны, определенный по формулам (3) – (5), должен быть увеличен в 1,5 раза, а при взрывании пород V группы и ниже радиус опасной зоны может быть уменьшен в 2 раза.

Эквивалентную массу для наружных зарядов (высотой h с засыпкой слоем грунта $h_{заб}$), взрываваемых одновременно, определяют по формуле:

$$Q_3 = K_n Q \quad (6)$$

где Q – суммарная масса зарядов, кг;

K_n – коэффициент, значение которого зависит от отношения $h_{заб}/h_{зар}$.

Таблица 5

Значение коэффициента K_n для расчета эквивалентной массы заряда при взрывании наружных зарядов, засыпанных грунтом

$h_{заб}/h_{зар}$	0	1	2	3	4
K_n	1	0,5	0,3	0,1	0,03

Для группы в количестве N скважинных (шпуровых) зарядов (длиной менее 12 своих диаметров), взрываваемых одновременно:

$$Q_3 = \rho l_{зар} K_3 N, \quad (7)$$

где ρ – вместимость взрывчатых веществ 1 м скважины (шпура), кг;

$l_{зар}$ – длина заряда, м

K_3 – коэффициент, значение которого зависит от отношения длины забойки $l_{заб}$ к диаметру скважины d (при отсутствии забойки – зависит от отношения длины свободной от заряда части скважины $l_{св}$ к d).

Таблица 6

Значение коэффициента K_3 в зависимости от отношения $l_{заб}/d$ или $l_{св}/d$

$l_{заб}/d$	0	5	10	15	20
K_3	1	0,15	0,02	0,003	0,002
$l_{св}/d$	0	5	10	15	20
K_3	1	0,3	0,07	0,02	0,004

Для групп из N скважинных зарядов (длиной более 12 своих диаметров), взрывааемых одновременно:

$$Q_3 = 12\rho dK_3N \quad (8)$$

Во всех случаях, когда заряды инициируются детонирующим шнуром, суммарная масса взрывчатых веществ сети детонирующего шнура добавляется к значениям Q , вычисленным по формулам (6) – (8).

В случае короткозамедленного взрывания под Q_3 и N следует понимать соответственно массу эквивалентного заряда и число зарядов одной группы. При наличии нескольких групп зарядов, взрывааемых с замедлением, к расчету принимается группа с максимальным Q_3 . Если интервал замедления между группами 50 мс и более, безопасное расстояние определяется по формулам (6) – (8). При интервале замедления от 30 до 50 мс безопасное расстояние, рассчитанное по формулам (6)-(8), должно быть увеличено в 1,2 от 20 до 30 мс – в 1,5 и от 10 до 20 мс – в 2 раза.

Суммарная масса зарядов и число групп не ограничиваются.

Если взрывные работы проводятся при отрицательной температуре воздуха, безопасное расстояние, определенное по формулам (6) – (8), должно быть увеличено не менее чем в 1,5 раза.

Расстояние, безопасное по действию на человека ударной воздушной волны наружного заряда, следует определять по формуле:

$$r_{min} = 15\sqrt{Q} \text{ , м} \quad (9)$$

Где Q – масса взрываемого наружного заряда взрывчатых веществ, кг.

Формула (9) используется, если только по условиям работ необходимо максимальное приближение персонала, производящего взрывание, к месту взрыва. В остальных случаях полученное по формуле расстояние следует увеличивать в 2-3 раза. При наличии блиндажей расстояние, рассчитанное по формуле (9), может быть сокращено не более чем в 1,5 раза.

Приложение 1

Параметры и показатели буровзрывных работ

№	Наименование	Единица измерения	значение
1	Коэффициент крепости горных пород		
2	Высота уступа	м	
3	Тип бурового станка		
4	Диаметр скважины	м	
5	Применяемые ВВ		
6	Удельный расход ВВ	кг/м ³	
7	Линия сопротивления по подошве	м	
8	Сетка расположения скважин	м	
9	Величина перебура скважины	м	
10	Длина скважины	м	
11	Вес заряда в скважине	кг	
12	Высота заряда	м	
13	Длина забойки	м	
14	Вместимость 1 м скважины	кг/м	
15	Количество рядов скважин	шт.	

16	Общее количество скважин	шт.	
17	Схема короткозамедленного взрывания зарядов ВВ		
18	Интервал времени замедления	мс	
19	Общий объем взорванной горной массы	м	
20	Выход горной массы с 1 м скважины	м ³ /м	
21	Размер кондиционного куска или его средний диаметр	м	
22	Сменная производительность бурового станка	м/см	