

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3:
РАСЧЁТ ПАСПОРТА БВР ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
ЧАСТЬ 2: ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ практического занятия	Продолжительность	Краткое содержание
1	4 часа	Выбор формы и размеров поперечного сечения горных выработок (горизонтальных и вертикальных)
2	4 часа	Оценка устойчивости горных пород и основы выбора крепей
3	4 часа	Расчет паспорта БВР при строительстве горных выработок
4	6 часов	Определение параметров графика организации работ при строительстве вертикальных и горизонтальных горных выработок
5	2 часа	Основы проектирования метрополитенов
6	4 часа	Проектирование специальных способов строительства горных выработок
7	2 часа	Основы проектирования выработок в городском подземном строительстве
8	4 часа	Определение параметров графика организации работ при щитовой технологии строительства выработок



ЛИТЕРАТУРА



Тема 2, страница 18

1. ВЫБОР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА (ВВ) И СРЕДСТВ ВЗРЫВАНИЯ (СВ).

Выбор зависит от опасности шахты или рудника по взрыву газа или пыли, крепости пород, ожидаемого притока воды в ствол и других факторов, из которых первый является определяющим.

В шахтах не опасных по взрыву газа и пыли применяют

ВВ II класса (отличительный цвет **красный):**

для разрушения крепких пород ($f > 8$) – аммонал скальный №1, аммонал скальный №3, детонит М;

для пород средней крепости - аммонит 6ЖВ.

Категория	Степень крепости породы	Породы	Коэффициент крепости $f = 0,01G_{сж}$
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и бальзаты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, кремнистый сланец, менее крепкие кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
III _A	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники, крепкий мрамор, доломит, колчеданы	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IV _A	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	5
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
V _A	Средние	Некрепкий глинистый сланец, разнообразный сланец. Плотный мергель	3

1. ВЫБОР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА (ВВ) И СРЕДСТВ ВЗРЫВАНИЯ (СВ).

В шахтах опасных по взрыву газа и пыли используются предохранительные ВВ III и ВВ IV классов: аммонит АП-5ЖВ, аммонит Т-19, ПЖВ-20.

При подходе к угольным пластам с сульфидным выделением метана применяют ВВ V класса: угленит Э-6 и др.

Характеристики ВВ, применяемых на подземных горных работах приведены в табл. 2.1.

1. ВЫБОР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА (ВВ) И СРЕДСТВ ВЗРЫВАНИЯ (СВ).

Предохранительные ВВ – отличаются от непредохранительных пониженной температурой взрыва, за счёт ингибиторов, пламегасителей, которые либо заложены в ВВ, либо образуются при взрыве.

КОММЕНТАРИЙ. ВЫБОР ВВ.

При строительстве стволов с земной поверхности в породах и пластах, опасных по пыли и газу допускается применение непередохранительных ВВ II класса при содержании метана в забое менее 1%

ПРИМЕР РАСЧЁТА

1. Определение применяемых ВВ и СВ

Учитывая, что строительство ствола осуществляется с земной поверхности и содержание метана в забое $< 1\%$ принимаем в качестве взрывчатого вещества наиболее распространенный при проходке стволов скальный аммонал №1 (табл. 2.1).



КОММЕНТАРИИ. (ВЫБОР СВ)

При проходке стволов, взрывание зарядов в шпурах производится только электрическим способом с поверхности земли. В качестве средств взрывания используются ЭД мгновенного (ЭД-8Э, ЭД-8Ж, ЭД-8ПМ), короткозамедленного (ЭДКЗ-ПМ) и замедленного действия (ЭДЗД), которые приведены в табл. 2.2.

КОММЕНТАРИИ. (ВЫБОР СВ)

Таблица 2.2.

Применяемые на подземных работах средства взрывания

Тип электродетонатора	Обозначение на бирках	Замедление, мс
ЭД-8Э, ЭД-8Ж, ЭД-8ПМ,	-	2-10
ЭДКЗ-25	1,2,3,4,5,6	25,50,75,100,150,250
ЭДКЗ-ПМ-15	1 ПМ, 2 ПМ, 3 ПМ, 4 ПМ, 5 ПМ, 6 ПМ, 7 ПМ, 8 ПМ	15,30,45,60,75,90,105,120
ЭДКЗ-ПМ-25	1П, 2П, 3П, 4П	25,50,75,100
ЭДЗД	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16	0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2, 4, 6, 8 и 10 с

ПРИМЕР РАСЧЁТА (ВЫБОР СВ)

Для взрывания врубовых шпуров применяем электродетонаторы мгновенного действия ЭД-8ПМ.

Для отбойных и оконтуривающих шпуров – ЭД короткозамедленного действия ЭДКЗ-ПМ-15 с интервалом замедления 15 мс.

Прямое инициирование.

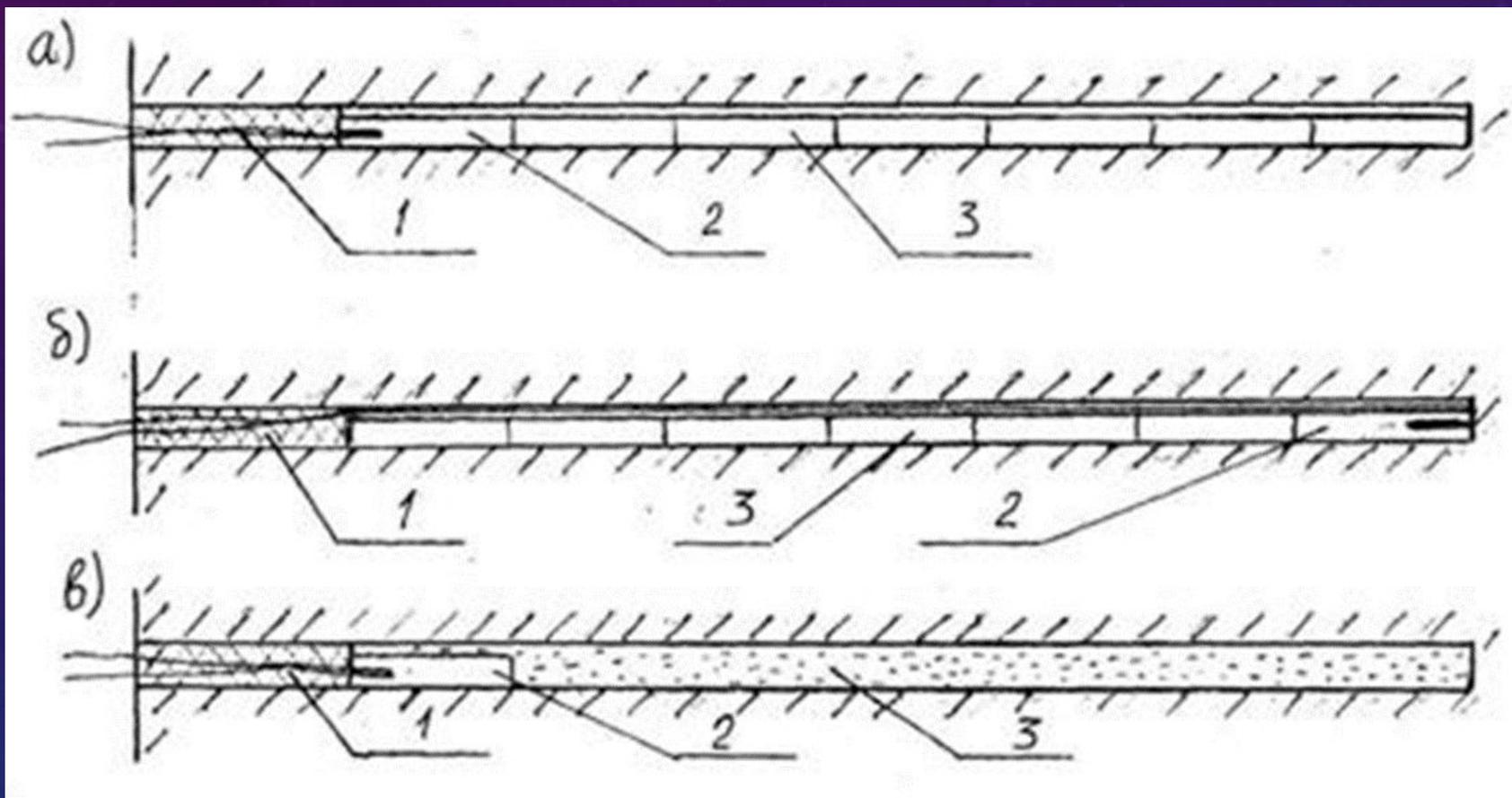
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ШПУРА И КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА.

Согласно СНиП диаметр шпура должен быть на

4-7 мм больше диаметра патрона ВВ при электрическом инициировании ВВ и расположении боевика-патрона первым от устья шпура (прямое инициирование).

Буровые коронки выпускаются диаметром 36, 40, 43, 46 и 52 мм.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ШПУРА И КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА.



2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ШПУРА И КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА.

а) патронированный заряд с прямым инициированием;

б) патронированный заряд с обратным инициированием;

в) заряд с насыпным ВВ.

Условные обозначения:

1. Забойка. 2. Патрон-боевик. 3. Патрон основного заряда (основное ВВ).

ПРИМЕР РАСЧЁТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ДИАМЕТРА ШПУРА И КОНСТРУКЦИИ
ЗАРЯДА
Для взрывания врубовых шпуров
применяем ЭД мгновенного действия
ЭД-8ПМ, а для взрывания отбойных и
оконтуривающих шпуров –
короткозамедленного действия
ЭДКЗ-ПМ-15 с интервалом
замедления 15мс. Диаметр патрона
ВВ - 45 мм, => диаметр шпура 52 мм.
Конструкция заряда шпура
колонковая.

НЕПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ВВ

Таблица 3.1

Непредохранительные взрывчатые вещества

Наименование	Диаметр патрона $d_{\text{п}}, \text{мм}$	Плотность ВВ, $\Delta, \text{г/см}^3$	Работоспо- собность ВВ $P, \text{см}^3$	Область при- менения по крепости по- род f
	Вес патрона $P_{\text{п}}, \text{г}$			
Аммонит БЖВ	$\frac{32}{200 - 250}$	1,0-1,2	360-380	$f < 12$
Аммонал скальный 1	$\frac{45}{500}$	1,43-1,58	450-480	любая
Детонит М	$\frac{32}{200}$ и $\frac{36}{250}$	0,92-1,2	450-500	любая

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ВВ

В шахтах и рудниках, опасных по взрыву газа и пыли, рекомендуется применять предохранительные ВВ, представленные в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Предохранительные взрывчатые вещества

Наименование ВВ	Диаметр патрона d_n , мм	Плотность ВВ, Δ , г/см ³	Работоспособность ВВ Р, см ³
	Вес патрона Р _н , г		
Аммонит АП-5ЖВ	$\frac{36}{300}$	1,0-1,15	320-330
Аммонит Т-19	$\frac{36}{300}$	1,05-1,2	267-280
Угленит Э-6	$\frac{36}{300}$	1,1-1,25	130-170

ПРИМЕР РАСЧЁТА

Определяем коэффициент заполнения шпура a^* :

Таблица 2.4.

Нормируемый коэффициент заполнения шпура

Диаметр патрона ВВ, мм	Коэффициент заполнения шпура	
	f=3-9	f=10-20
32, 36, 40	0,4-0,5	0,5-0,65
45 	0,35-0,45	0,45-0,5

Принимаем $a = 0,4$.

* - отношение длины заряда к длине шпура

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ШПУРА

Для вертикальных стволов оптимальной является глубина шпуров

$$l_{\text{ш}} = 3 \div 4 \text{ м}$$

Принимаем $l_{\text{ш}} = 4 \text{ м}$.

ПРИМЕР РАСЧЁТА

4. Удельный расход ВВ по формуле Покровского:

$$q = q_1 \cdot f_0 \cdot v \cdot e \cdot m, \text{ кг/м}^3$$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

где q_1 – коэффициент взрываемости горной породы, показывающий удельный расход ВВ в зависимости от крепости породы. Его значение ориентировочно можно определить по формуле $q_1 = 0,1f$

f_0 – коэффициент структуры породы ($f_0 = 2$ – для вязких упругих пород; $f_0 = 1,4$ – для пород с неправильным залеганием и мелкой трещиноватостью; $f_0 = 1,3$ – для сланцевых с меняющейся крепостью и напластованием; $f_0 = 1,1$ – для массивных хрупких пород);

ПРИМЕР РАСЧЁТА

ν - коэффициент зажима породы при взрывании.
Определяется по формуле проф. П.Я. Таранова:

$$\nu = \frac{3 \cdot l_{\text{Ш}}}{\sqrt{S_{\text{ВЧ}}}}$$

где

$S_{\text{ВЧ}}$ - сечение выработки вчерне, м²;

$l_{\text{Ш}}$ - длина шпура, м;

$$\nu = \frac{3 \cdot 4}{\sqrt{60,79}} = 1,54$$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

e - коэффициент работоспособности ВВ

$$e = \frac{380}{A} = \frac{380}{450} = 0,84$$

где A – работоспособность применяемого ВВ, см³ табл. 2.1.

m – коэффициент, учитывающий диаметр патрона

$$m = \frac{32}{d_{\text{п}}} = \frac{32}{45} = 0,71$$

где $d_{\text{п}}$ – диаметр патрона, мм;

ПРИМЕР РАСЧЁТА

$$q = 0,4 \cdot 1,3 \cdot 1,54 \cdot 0,84 \cdot 0,71 = 0,48 \text{ кг/м}^3$$

Принимаем q среднее арифметическое из полученного в этой формуле и q из таблиц 2.5 и 2.6.

По таблице 2.5 $q = 1,2 \text{ кг/м}^3$,

По табл. 2.6 $q = 1,8 \text{ кг/м}^3$.

Тогда

$$q_{\text{ср}} = \frac{0,48 + 1,2 + 1,8}{3} = 1,17 \text{ кг/м}^3$$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

5. Количество шпуров

$$N = \frac{1,27 \cdot q \cdot S_{\text{вч}}}{d_n^2 \cdot \Delta \cdot a \cdot k}, \quad \text{шт}, \quad (2.2)$$

$$N = \frac{1,27 \cdot 1,17 \cdot 60,79}{0,045^2 \cdot 1500 \cdot 0,4 \cdot 0,9} = 83 \text{ шпура.}$$

Полученное количество шпуров хорошо согласуется с данными табл. 2.9.

ПРИМЕР РАСЧЁТА

где: q – удельный расход ВВ, кг/м³;

$S_{ст}$ – площадь сечения ствола вчерне, м²;

d_n – диаметр патрона ВВ, м;

Δ – плотность ВВ в патронах, кг/м³; Задана в табл. 2.1 в г/см³

a – коэффициент заполнения шпура, принимаемый по табл. 2.4;

k – 0,85 – 0,90 – коэффициент плотности ВВ в шпурах при заряжении.

ПРИ

Таблица 2.1.

Характеристики ВВ, применяемых на подземных горных работах

Класс ВВ	Наименование ВВ	Плотность в патронах, г/см ³	Работоспособность, см ³	Диаметр патронов, мм	Масса патрона, г.	Рекомендуемая крепость пород <i>f</i>
II	Аммонит скальный № 1	1,43-1,58	450-480	36 45	250 400	Более 8
II	Аммонит 6 ЖВ	1,0-1,2	360-380	32 60 90	200,250 1400 3000	6-8
II	Аммонал М-10	0,95-1,1	430	32	250	Более 8
II	Аммонал скальный № 3	1,0-1,1	450-470	45,60	-	Более 8
II	Детонит М	0,92-1,2	450-500	28	150	Более 8
III	Аммонит АП-5 ЖВ	1,0-1,15	320-330	36	300	6-8
IV	Аммонит ПЖВ-20	1,05-1,2	265-280	36	250,300	3-5
IV	Аммонит Т-19	1,05-1,2	267-280	36	300	3-5
V	Угленит Э-6	1,1-1,25	130-170	36	300	1-2
VI	Угленит 12 ЦБ	1,2-1,35	110-125	36	300	1-2

Таблица 2.9.

Ориентировочное фактическое число шпуров в комплекте

Диаметр ствола в черне, м	Число шпуров в комплекте при числе окружностей		
	3	4	5
5,15	$\frac{30-49}{23-49}$	40-66	-
5,65	$\frac{33-56}{26-56}$	45-73	-
6,15	$\frac{36-60}{28-59}$	$\frac{41-91}{48-80}$	-
6,75	$\frac{39-67}{30-65}$	$\frac{45-99}{53-88}$	-
7,25	$\frac{42-72}{32-69}$	$\frac{48-106}{57-90}$	67-114
7,95	$\frac{47-80}{36-77}$	$\frac{54-117}{63-107}$	74-126
8,55	$\frac{48-85}{38-82}$	$\frac{57-126}{67-115}$	78-134
9,05	$\frac{52-93}{40-87}$	$\frac{61-134}{71-123}$	83-137

Примечание: В числителе приведено число шпуров при диаметре патронов 36 мм, в знаменателе – 45 мм

ПРИМЕР РАСЧЁТА

Количество шпуров по их типам, диаметры окружностей, на которых располагаются шпуры, количество шпуров на каждой окружности и расстояния между шпурами определим на основании табл. 2.10. Расчёт ведем в табличной форме и его результаты заносим в табл. 2.13.

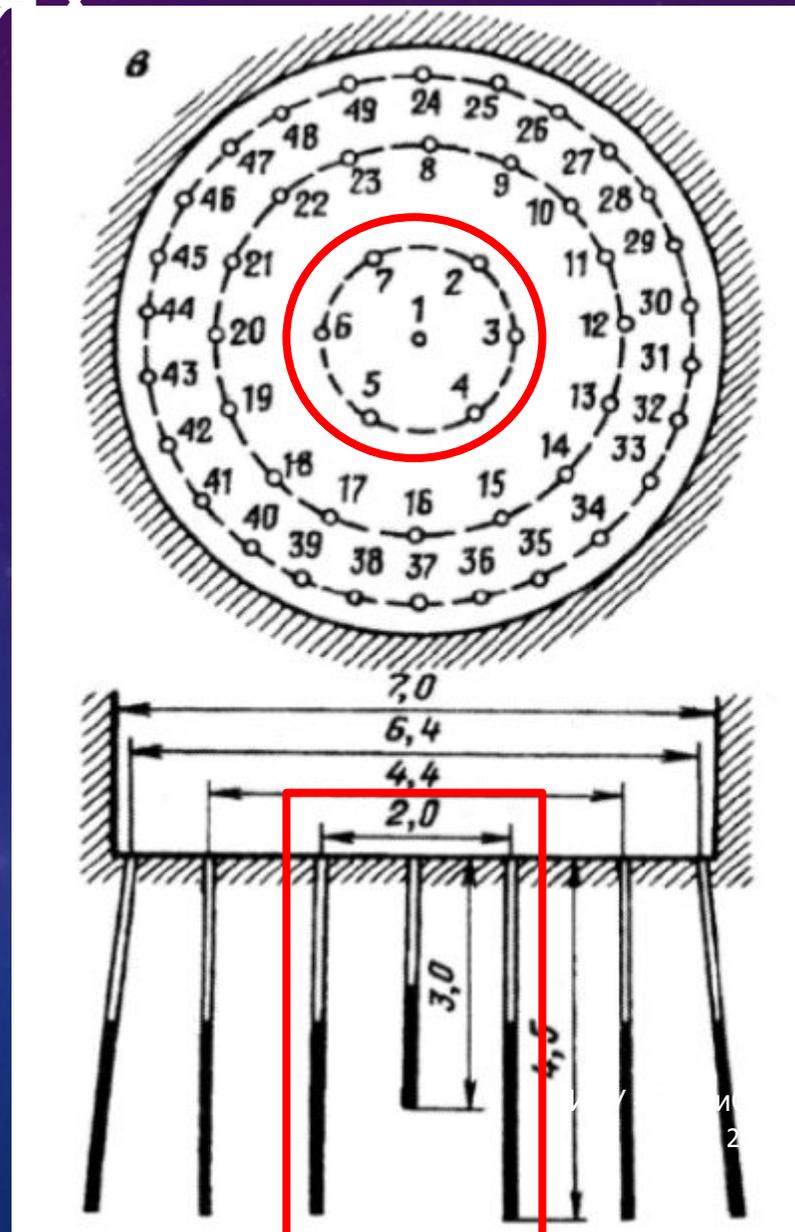
ПРИМЕР РАСЧЁТА

Принимаем расположение шпуров по 4-м окружностям. На **первой** внутренней будут располагаться врубовые шпуры, на **второй** и **третьей** - отбойные и на внешней, **четвёртой** окружности - оконтуривающие шпуры.

Применяем призматический вруб.

ПРИМЕР РАСПОЛОЖЕНИЯ ШПУРОВ НА 3 ОКРУЖНОСТЯХ

Врубовой шпур
призматический



ПРИМЕР РАСЧЁТА

Таблица 2.10.

Диаметры окружностей расположения шпуров

Диаметр патрона, мм	Кол-во окружностей	Отношение диаметра окружностей расположения шпуров к диаметру ствола вчерне, $D_{вч}$	Соотношение количества шпуров по окружностям
36	3	0,37; 0,66; 0,93	1:2:3
	4	0,35; 0,54; 0,7; 0,93	1:2:3:4
	5	0,27; 0,43; 0,6; 0,76; 0,93	1:2:3:4:5
45	3	0,3; 0,6; 0,95	1:3:6
	4	0,25; 0,48; 0,72; 0,96	1:2:3:5

ПРИМЕР РАСЧЁТА

Таблица 2.13.

Тип шпуров	Диаметры окружностей, м	Расстояние между окружностями, м	Количество шпуров в окружности, шт.	Расстояние между шпурами, м
Врубовые	$0,25 \cdot 8,8 = 2,2$	$\frac{4,2 - 2,2}{2} = 1,0$	$\frac{83}{(1+2+3+5)} \cdot 1 \approx 8$	$\frac{3,14 \cdot 2,2}{8} = 0,86$
Отбойные	$0,48 \cdot 8,8 = 4,2$			$7,5 \cdot 2 \approx 15$
Отбойные	$0,72 \cdot 8,8 = 6,3$	$\frac{6,3 - 4,2}{2} = 1,05$	$7,5 \cdot 3 \approx 23$	$\frac{3,14 \cdot 6,3}{23} = 0,86$
Оконтуривающие	$0,96 \cdot 8,8 = 8,4$	$\frac{8,4 - 6,3}{2} = 1,05$		$7,5 \cdot 5 \approx 37$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

6. Определение общего количества ВВ на цикл и массы заряда в шпурах

$$Q = q_{\text{ср}} \cdot S_{\text{вч}} \cdot l_{\text{ш}}, \text{ кг}$$
$$Q = 1,17 \cdot 60,79 \cdot 4 = 284,5 \text{ кг}$$

7. Средняя масса заряда каждого шпура составляет:

$$q_{\text{ш}} = \frac{Q}{N}, \text{ кг}$$
$$q_{\text{ш}} = \frac{284,5}{83} = 3,42 \text{ кг}$$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

8. Величина заряда в различных шпурах:

врубловых $q_v = (1,1 - 1,2) q_{ш}$, кг;

отбойных $q_{от} = q_{ш}$, кг;

оконтуривающих $q_{ок} = (0,8 - 0,9) q_{ш}$, кг.

ПРИМЕР РАСЧЁТА

Тип шпуров	Масса заряда в шпуре	Кол-во патронов в шпуре	Фактическая масса заряда в шпуре	Фактический коэффициент заполнения шпура
Врубовые				
Отбойные				
Оконтуривающие				

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ШПУРА И КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА

Таблица 2.3.

Соотношение диаметров патрона и шпура

Диаметр патрона	28	32	36	40	45
Масса ВВ в патроне, Н	1,5	2,0	2,5	4	4,5
Ориентировочная длина, мм	220-260	220-265	210-255	270-320	180-320
Диаметр шпура, мм	36	36-40	40-43	43-46	52

ПРИМЕР РАСЧЁТА

Таблица 2.14.

Тип шпуров	Масса заряда в шпуре, кг	Количество патронов в шпуре, шт.	Фактическая масса заряда в шпуре, кг	Фактический коэффициент заполнения шпура
Врубовые	$q_a = 1,15 \cdot 3,43 = 3,94$	$n_a = \frac{3,94}{0,5} = 7,9 \approx 8$	$q_{aф} = 8 \cdot 0,5 = 4,0$	$a_a = \frac{8 \cdot 0,22}{1,1 \cdot 4} = 0,4$
Отбойные	$q_o = 3,43$	$n_o = \frac{3,43}{0,5} = 6,9 \approx 7$	$q_{oф} = 7 \cdot 0,5 = 3,5$	$a_o = \frac{7 \cdot 0,22}{4} = 0,39$
Оконтуривающие	$q_{ок} = 3,43 \cdot 0,9 = 3,09$	$n_{ок} = \frac{3,09}{0,5} = 6,2 \approx 6$	$q_{окф} = 6 \cdot 0,5 = 3,0$	$a_{ок} = \frac{6 \cdot 0,22}{4} = 0,33$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

В оконтуривающих шпурах фактический коэффициент заполнения шпура получился меньше рекомендуемого нормами - 0,35 (табл. 2.4).

Принимаем в оконтуривающих шпурах 7 патронов ВВ. Отсюда:

$$q_{ок ф} = 7 \cdot 0,5 = 3,5 \text{ кг}, \quad \alpha_{ок} = \frac{7 \cdot 0,22}{4} = 0,39.$$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

10. Фактический расход ВВ на цикл

составляет:

$$Q_{\text{ф}} = 8 \cdot 4 + (15 + 23) \cdot 3,5 + 37 \cdot 3,5 = 294,5 \text{ кг.}$$

11. Фактический удельный расход ВВ

составляет:

$$q_{\text{ф}} = \frac{294,5}{60,79 \cdot 4} = 1,21 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

ПРИМЕР РАСЧЁТА

12. Удельное количество шпуров на 1 м² площади забоя ствола составляет:

$$n_{уд} = \frac{N}{S_{ств}} = \frac{83}{60,79} = 1,37$$

Паспорт буровзрывных работ

Показатели	Ед. изм.	Величина
Сечение выработки в свету	м ²	50,24
Сечение выработки вчерне	м ²	60,79
Категория шахты по газу	-	I
Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова	-	4
Буровые машины тип	-	БУКС-1м
Буровые машины число	шт.	2х4
Глубина шпуров	м	4
Число шпуров на цикл	шт.	83
в том числе:		
врубовых	шт.	8
отбойных	шт.	38
периферийных	шт.	37

Число шпурометров на цикл	м	335,2
Коэффициент использования шпуров	-	0,9
Коэффициент заполнения шпура	-	0,4
Тип ВВ	-	скальный аммонит №1

Показатели		Ед. изм.	Величина
Расход ВВ:	на цикл	кг	294,5
	на 1 м ³ в проходке	кг	1,21
Вес заряда в шпуре		кг	3,5; 4,0
Электродетонаторы:	тип	-	ЭД-8ПМ
	число на цикл	шт.	8
	тип	-	ЭДКЗ-ПМ-15
	число на цикл	шт.	15
	тип	-	ЭДКЗ-ПМ-30
	число на цикл	шт.	23
	тип	-	ЭДКЗ-ПМ-45
	число на цикл	шт.	37

Материал забойки	-	смесь глины с песком
Подвигание забоя за цикл	м	3,6
Время проветривания забоя	мин.	30
Конструкция заряда шпура	-	колонковая