

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 16:32:57
Уникальный программный ключ:
2cc3f5fd1c09cc1a69668dd98bc3717111a1a535



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Старооскольский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Российский государственный геологоразведочный университет имени
Серго Орджоникидзе»
(СОФ МГРИ)**

Кафедра горного дела, экономики и природопользования

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

**Методические указания по выполнению
курсового проекта
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»**

Рекомендовано Ученым советом СОФ МГРИ

Старый Оскол, 2022 г.

УДК 622.233(075.8)

Составитель: канд.техн.наук Мироненко С.В.

Рецензент(ы): канд.техн.наук Золотарев О.В.

Технология и безопасность взрывных работ

Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело» / Сост.: С.В.Мироненко. – Старый Оскол: СОФ МГРИ, 2022. – 34 с.

Методические указания содержат материалы для выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ».

Утверждено и рекомендовано к изданию Ученым советом СОФ МГРИ (протокол № 10 от 29 августа 2022 г.).

© С.В. Мироненко, 2022 г.

© СОФ МГРИ, 2022 г.

Оглавление

Введение	4
1. Общие положения.....	4
1.1 Исходные данные и содержание курсового проекта	4
1.2 Технология проведения выработок с применением буровзрывных работ.....	5
2. Расчет параметров бвр.....	6
2.1 Выбор взрывчатых веществ.	6
2.2 Определение глубины и диаметра основного комплекта шпуров. Обоснование выбора типа буровой машины	8
2.3 Определение расчетного удельного расхода взрывчатого вещества и количества ВВ на цикл.	11
2.4 Выбор типа вруба.....	13
2.5. Определение основных параметров шпуров.	15
3. Обоснование способа, режима, средств и показателей взрывания	25
3.1. Последовательность и средства взрывания.....	25
3.2 Расчет электровзрывной цепи.....	28
3.3 Определение показателей буровзрывных работ	29
3.4 Сводная ведомость показателей проекта.....	30
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	Ошибка! Закладка не определена. 3

Введение

Устойчивое развитие народного хозяйства страны предполагает рост объёмов строительства в различных отраслях промышленного производства. Ускорение технического прогресса и повышение эффективности в добывающих отраслях промышленности и капитального строительства в значительной мере определяется уровнем развития техники и технологии буровзрывных работ. Область применения взрыва в промышленности постоянно расширяется. Взрывные работы широко применяются при разработке месторождений полезных ископаемых, сооружении подземных емкостей для хранения жидких и газообразных продуктов, строительстве транспортных коммуникаций и гидротехнических сооружений, обработке металлов взрывом. Широкое распространение взрывные работы получают при проходке подземных горных выработок.

Необходимость проведения подземных горных выработок возникает при сооружении транспортных и гидротехнических тоннелей, строительстве и эксплуатации горных предприятий и подземных гидроэлектростанций, подготовке крупных массовых взрывов на выброс и сброс, строительстве метрополитенов. Проведение выработок под землей по полускальным и скальным горным породам требует применения буровзрывных работ (БВР).

Курсовой проект «Проект массового взрыва при проходке подземной горной выработки» выполняется студентами специальностей « » и « » в 4-ом семестре, при изучении дисциплины « ».

Целью курсового проекта является освоение студентами навыков расчёта массовых взрывов при проведении подземной горной выработки в соответствии с действующими нормативными документами и «Едиными правилами безопасности при взрывных работах».

1. Общие положения

1.1 Исходные данные и содержание курсового проекта.

Исходные данные для выполнения курсового проекта излагаются в выдаваемом каждому студенту индивидуальном задании. Основные из них:

- коэффициент крепости;
- плотность горной породы;
- категория по трещиноватости;
- параметры выработки;
- способ взрывания (обычное взрывание, гладкое взрывание).

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки, содержащей необходимые пояснения, расчеты, таблицы и одного чертежа формата А2 на котором приводится паспорт буровзрывных работ (БВР) по проведению выработки. **Паспорт БВР** при проведении выработки представляет собой

технический документ, регламентирующий параметры и порядок производства взрывных работ методом шпуровых зарядов.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие основные разделы:

1. Выбор взрывчатых веществ (ВВ), средств и способа взрывания;
2. Расчет параметров массового взрыва;
3. Расчет параметров взрывной сети;
4. Техника безопасности при производстве взрывных работ;
5. Сводная ведомость показателей проекта.

В паспорт БВР следует включать:

- схему расположения шпуров в забое (в трех проекциях);
- таблицу, содержащую проектируемые параметры взрыва;
- порядок взрывания шпуров (схема монтажа взрывной сети, таблица параметров и очередности взрывания шпуров);
- конструкции зарядов.

При выполнении курсовой работы все решения должны приниматься на основе новейших достижений науки и техники и передового опыта проведения подземных выработок взрывным способом.

1.2 Технология проведения выработок с применением буровзрывных работ.

В горном деле и транспортном строительстве применяют подземные горные выработки различного сечения и формы. Наибольшее распространение имеют выработки среднего сечения (4-60 м²): а- прямоугольно-сводчатой, б-круглой и в - трапециевидной формы (рис. 1).

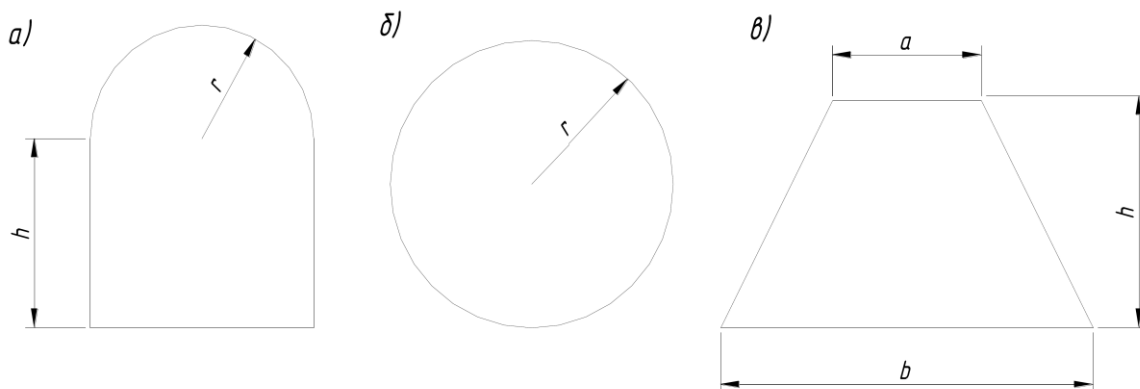


Рис. 1 Формы поперечного сечения горизонтальных выработок

Преимущественное применение получил способ проведения выработок сплошным забоем, взрыванием шпуровых зарядов. Проведение выработок с помощью БВР включает цикл следующих работ: бурение, зарядание шнуров, взрывание, проветривание, уборку породы и крепление выработки. Проведение выработки осуществляется **заходками**. **Заходка** - часть выработки по её длине, проводимая за один цикл. Глубина заходки составляет часть глубины основного комплекта шпуров. Под шпурами основного комплекта понимаются все шпуры

кроме врубовых. Отношение величины подвигания забоя к средней глубине шпуров называют коэффициентом использования шпуров (к.и.ш.). Технология БВР предусматривает взрывание в определенной последовательности врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров. Врубовыми шпурами, располагаемыми обычно в центральной части забоя, создаётся первоначальная полость, наличие которых повышает эффективность взрыва зарядов отбойных шпуров. Отбойными шпурами разрушается основная часть забоя. Придание выработке проектного контура обеспечивается взрывом шпуров, размещаемых по контуру выработки.

В зависимости от требований предъявляемых к качеству оконтуривания выработки различают обычное и гладкое (контурное) взрывание.

При **обычном взрывании** в первую очередь взрываются врубовые шпуры, располагаемые в центральной части забоя выработки. На образующуюся от взрыва врубовых шпуров полость отбивается основная масса породы отбойными шпурами и последнюю очередь, взрываются шпуры, располагаемые по контуру выработки (контурные шпуры).

Технология **гладкого взрывания** направлена на обеспечение качественного оконтуривания выработки. Достижение высокого качества оконтуривания при гладком взрывании достигается большим приближением оси контурных шпуров к проектному сечению выработки, уменьшением расстояний между шпурами, применением ВВ пониженной мощности, оставлением большого радиального зазора между патронами ВВ и стенами шпура, рассредоточением зарядов в шпуре. Гладкое взрывание включает способ **предварительного оконтуривания** (щелеобразования) и способ **последующего оконтуривания**.

При предварительном оконтуривании первыми взрываются шпуры, располагаемые по контуру выработки. Они создают щель, по периметру выработки отрезая тем самым забой выработки от массива. В дальнейшем взрывают врубовые и отбойные шпуры. Взрывание зарядов по контуру при предварительном оконтуривании производят либо до бурения остальных шпуров, либо с опережением не менее 75 мс в породах VII -XI групп и не менее 100 мс в породах IV- VI групп по классификации СНиП.

При способе **последующего оконтуривания** последовательность взрывания шпуров такая же, как и при обычном взрывании. Отличие заключается в более близком расположении друг от друга контурных шпуров, уменьшении величины заряда в них, оставлении большого радиально зазора между зарядом и стенкой шпура, что в совокупности снижает разрушающее действие контурных зарядов на массив. Способ последующего оконтуривания называют также методом сближенных зарядов.

2. Расчет параметров бвр

2.1 Выбор взрывчатых веществ.

При выборе взрывчатых веществ (ВВ) принимаются во внимание метод ведения взрывных работ, обводнённость массива и коэффициент крепости пород по шкале М.М.Протоdjаконова. При прочих равных условиях предпочтение

отдают тем ВВ, которые более безопасны в обращении и имеют меньшую стоимость. При использовании технологии гладкого (контурного) взрывания для заряжания контурных шпуров стремятся использовать патронированные ВВ меньшей мощности.

Рекомендации по применению взрывчатых веществ в выработках не опасных по газу и пыли приведены в табл. 1

Таблица 1. – Характеристики взрывчатых веществ

Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости	Наименование ВВ	Диаметр патронов, мм
Сухие скважины на очистных работах	До 12	Гранулит М Игданит	
	Более 12	Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Граммонит 79/21 Аммонит 6ЖВ Гранулит АС-8В Акванал АРЗ-8Н	32
Сухие шпуры на проходческих работах	До 12	Аммонал М-10 Гранулит М Аммонит 6ЖВ Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В	32-45 32
	Более 12	Гранулит АС-8В Детонит М Аммонал скальный №1 Акванал АРЗ-8Н Аммонал М-10	28-36 28-36 32-45
Обводненные скважины на очистных работах	До 12	Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке	60-90
	Более 12	Аммонал М-10 в полиэтиленовой оболочке	45-90
Обводненные шпуры на проходческих и очистных работах	До 12	Аммонал М-10 в полиэтиленовой оболочке Динафталит-200 Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке Аммонал по ГОСТ 21984-76	32-45 32 32
	Более 12	Детонит М Аммонал скальный №1 Аммонал М-10 в полиэтиленовой оболочке	28-36 28-36 32-45

2.2 Определение глубины и диаметра основного комплекта шпуров. Обоснование выбора типа буровой машины

Под шпурами основного комплекта понимаются все шпуры кроме врубловых. Глубину шпуров основного комплекта принимают исходя из площади поперечного сечения выработки и крепости пород (табл.2)

Таблица 2. -

Категория пород по СНиП	Коэффициент крепости (f)	Глубина шпуров, м	
		$S \leq 12 \text{ м}^2$	$S > 12 \text{ м}^2$
III – IV	1,5 – 3	2 – 3	2,5 - 3,5
V – VI	4 – 6	1,5 – 2	2,2 – 2,5
VII – XI	7 – 20	1,2 – 1,8	1,5 – 2,2

При выборе диаметра шпуров учитываются технические возможности буровых машин применимых в данных горных породах, диаметр патронов ВВ, площадь сечения выработки, требуемая скорость ее проведения, качество оконтуривания и другие факторы.

Диаметры шпуров, которые могут быть пробурены бурильными машинами, в породах различной крепости приведены в таблицах 3 и 4. При применении патронированного ВВ диаметр шпура принимают на 4 - 7 мм больше диаметра патрона ВВ. При гладком взрывании радиальный зазор между патроном ВВ и стенками контурных шпуров могут быть увеличены до 15-20 мм.

С увеличением площади сечения выработки целесообразно принимать большие значения диаметра шпуров, так как они способствуют увеличению скорости проходки. Однако при этом следует учитывать требования к качеству оконтуривания выработки, которое улучшается при уменьшении диаметра шпуров. При наличии противоречивых требований к диаметру шпуров предпочтение следует отдавать шпурам с большим диаметром, а в общем случае решать вопрос о выборе рационального диаметра шпура путем технико - экономического сравнения альтернативных вариантов.

Выбор буровой машины производится с учетом крепости горной породы, требуемой глубины и диаметра шпуров (табл.3, 4)

Таблица 3. - Техническая характеристика сверл для бурения шпуров

Показатели	Ручные				Колонковые		
	ЭР14Д-2М	СЭР-19-2М	ЭР18Д-2М	ЭРП-18Д-2М	ЭБК-5	СЭК-1	ЭБГП-1
Мощность двигателя, кВт	1	1,2	1,4	1,4	3,6 – 4,8	3,6 – 4,8	3,5
Частота вращения шпинделя, об/мин	860	960, 600, 750	640	300	152 - 305	152 - 305	170 – 315
Усилие подачи на забой, кН	-	-	-	3	15	15	14,6
Масса сверла без колонки и кабеля, кг	16	16,5	17	24	110	112	130
Коэффициент крепости	≤ 2		≤ 4		≤ 6 ÷ 7		
Диаметр шпура, мм	< 50				< 50		
Глубина шпуров, м	< 4				< 5		

Условные обозначения:

ЭР – электросверло ручное; СЭР – сверло электрическое, ручное; ЭБК – электробур колонковый; СЭК – сверло электрическое колонковое; ЭБГП – электробур с гидроподачей.

Таблица 4. - Техническая характеристика бурильных молотков

Показатели	Тип бурильных молотков													
	ручные					переносные				телескопные		колонковые		
	ПР-18Л	ПР-19	ПР-22	ПР-24Н	ПР-25	ПП36В	ПП54ВБ	ПП54В	ПП63В	ПТ-38	ПТ-48	КС-50	ПК-60	ПК-75
Глубина бурения, м, не более	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	4,0	5,0	4,0	15	12	15	25
Коэффициент крепости	6-12	6-12	6-12	6-12	6-12	6-12	6-14	6-14	6-20	17	20	12	20	20
Диаметр шпуров, мм	32-43	32-46	32-50	32-50	32-50	32-40	40-46	40-46	40-46	36-45	36-85	40	40-65	46-85
Энергия удара, Дж, не менее	35	35	50	50	50	36	55,5	54	54	44	78,5	88	88	147
Число ударов в минуту	2700	1850	2500	2500	260	2298	2040	2298	2298	2304	2304	1980	2500	2000
Скорость бурения гранита (f=10-12) мм/мин	3	75	140	140	120	-	-	-	-	-	-	300	300	400
Масса, кг	18	22	26	25	25	24	31,5	32	32	38	48	50	60	75

2.3 Определение расчетного удельного расхода взрывчатого вещества и количества ВВ на цикл.

Расчетный удельный расход ВВ может быть определен по различным формулам. К числу наиболее распространенных относятся формулы ЦНИИСа, Таранова П. Я. и другие.

Для выработок, площадь сечения которых меньше 15 - 20 м², удельный расход определяется по формуле П. Я. Таранова.

$$q_p = 0,213 \sqrt{f} \left(\sqrt{0,2f} + \frac{1}{\sqrt{S}} \right)^2 \cdot K_k \cdot e,$$

где f – коэффициент крепости горной породы по шкале М.Н. Протодяконова; S – площадь поперечного сечения выработки м²; K_k – коэффициент учитывающий требуемую степень дробления породы ($K_k=1,1 \div 1,3$); e – коэффициент относительной работоспособности, учитывающий тип взрывающего взрывчатого вещества (в качестве эталонного ВВ принимают аммонит № 6 ЖВ).

Коэффициент относительной работоспособности вычисляется из выражения:

$$e = \frac{3561}{A_{ВВ}},$$

где $A_{ВВ}$ – полная идеальная работа взрыва выбранного типа ВВ, КДж/кг (принимается по технической характеристике ВВ).

Коэффициенты относительных работоспособностей для некоторых типов ВВ приведены в табл. 5.

Таблица 5. – Коэффициенты работоспособности взрывчатых веществ

Взрывчатое вещество	e	Взрывчатое вещество	e
Гранулит М	1,11	Гранулит АС – 8В	0,89
Игданит	1,13	Аммонал М – 10	0,80
Гранулит АС – 4 (АС – 4В)	0,98	Детонит М	0,83
Граммонит 79/21	1	Аммонал скальный №1	0,80
Аммонит 6ЖВ	1	Динафталит - 200	1,08

Для выработок с площадью сечения более 20 м² в породах с коэффициентом крепости не более 16 ÷ 18 удельный расход находят по формуле ЦНИИСа Минтрансстроя.

$$q_p = \left(0,3\sqrt{f} + \frac{2}{\sqrt{S}} \right) \cdot K_n \cdot e' \cdot K_{\Delta} \cdot K_m,$$

где K_n – коэффициент, учитывающий влияние диаметра патрона шпурового заряда (таблица 6).

Таблица 6.

дп, мм	28	30	32	36	40	42	45
K_n	1,2	1,15	1,1	1,0	0,95	0,92	0,90

e' - коэффициент относительной работоспособности ВВ, относительно аммонита скального №1, принимаемый по данным расчета;

K_{Δ} – коэффициент плотности заряжения, принимаемый при механизированном заряжении – 1,0, при ручном – 1,1;

K_T – коэффициент учитывающий трещиноватость пород (табл. 7)

Таблица 7.

Категория по трещиноватости	I	II	III	IV	V
K_T	0,75 ÷ 0,85	0,85 ÷ 0,9	0,9	0,95 ÷ 1	1,1 ÷ 1,15

Коэффициент относительной работоспособности ВВ относительно аммонита скального №1

$$e' = \frac{4420}{A_{ВВ}}.$$

Расчетный удельный расход можно определить исходя из удельного расхода эталонного ВВ (аммонита №6 ЖВ) из выражения

$$q_p = q_0 \cdot e, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где q_0 – удельный расход аммонита 6 ЖВ, определяемого с учетом коэффициента крепости и площади поперечного сечения (принимается по данным практики, табл. 8)

Таблица 8.

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород f	Расход ВВ (кг/м3) при площади поперечного сечения выработки, м2					
		до 5	до 7	до 10	до 15	до 20	свыше 20
В шахтах не опасных по газу и пыли							
III	1,5 (уголь)	1,5	1,23	0,95	0,75	0,55	0,50
V	2-3	1,4	1,2	1,0	0,85	0,70	0,50
VI и VII	4-6	1,92	1,74	1,55	1,40	1,25	0,90
VIII	7-9	3,00	2,73	2,45	2,20	1,95	1,30
IX	10-14	4,20	3,83	3,45	3,18	2,90	2,10
X	15-18	4,50	4,28	4,05	3,83	3,60	3,00
XI	19-20	5,00	4,75	4,50	4,25	4,00	3,35

Расчетный удельный расход определяют также по формуле

$$q = q_1 \cdot K_C \cdot K_S \cdot e, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где q_1 – удельный расход при стандартных условиях, кг/м³;

K_C – коэффициент, учитывающий структуру породы;

K_S – коэффициент зажима породы.

Удельный расход при стандартных условиях (q_1) принимается в зависимости от свойств пород (табл. 9).

Таблица 9.

Характеристика пород	Коэффициент крепости f	q_1 , кг/м ³
Очень крепкие кварцевые песчаники; очень крепкие граниты и гнейсы; исключительные по крепости известняки и песчаники	15-20	1,2-1,5
Плотные граниты; кварцитовые песчаники; диориты, мелкозернистые, монолитные песчаники и известняки; гнейсы	10-15	1,0-1,1
Некрепкий гранит; плотные песчаники и известняки; колчеданы; крепкие мраморы и доломиты	8	0,7-0,8
Крепкие песчано-глинистые и песчанистые сланцы, сланцевые и глинистые песчаники; крепкие глинистые сланцы с включением колчедана; мягкие песчаники и известняки	4-6	0,4-0,6

Коэффициент структуры для различных пород (K_C)

Вязкие, упругие, пористые породы	2,0
Дислоцированное, неправильное залегание с мелкой трещиноватостью	1,4
Сланцевые с напластованием перпендикулярным к направлению шпура	1,3
Массивные и плотные	1,0
Мелкослоистые	0,8

Коэффициент зажима породы (K_S) при одной обнаженной поверхности вычисляют по формуле

$$K_S = \frac{12,5}{\sqrt{S}},$$

где S – площадь поперечного сечения выработки, м².

При двух обнаженных поверхностях $K_S = 1,2 \div 1,5$.

Количество ВВ на цикл (общее количество ВВ на забой при одном взрыве)

$$Q = q_p \cdot S \cdot l_{ш}, \text{ кг}$$

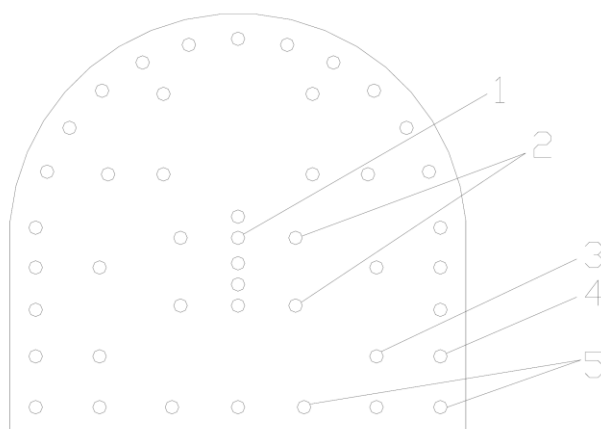
где q_p – расчетный удельный расход, кг/м³;

S – площадь поперечного сечения выработки, м²;

$L_{ш}$ – средняя длина шпуров, м.

2.4 Выбор типа вруба

В общем случае различают шпуры врубовые, вспомогательные, отбойные, контурные и почвенные. Врубовые шпуры подразделяют на заряжаемые и компенсационные. Схема размещения различных типов шпуров показана на рис.2



- 1-врубовые;
- 2-вспомогательные;
- 3-отбойные;
- 4-контурные;
- 5-почвенные;

Рис. 2. Схема размещения шпуров

Почвенные шпуры являются разновидностью контурных шпуров. Они размещаются по контуру близкому к почве выработки. Врубовые шпуры предназначены для образования дополнительной обнаженной поверхности, которая облегчает работу вспомогательных и отбойных шпуров и повышает тем самым эффективность их работы. Врубовые шпуры взрывают первыми. В результате их взрыва в забое выработки образуется полость, называемая врубом. Врубом называют также совокупность врубовых шпуров.

Тип вруба определяется относительным расположением оси врубовых шпуров к плоскости забоя. Наибольшее распространение на практике получили наклонные и прямые врубы. Наклонные врубы образуются шпурами пробуренными наклонно к плоскости забоя под углом $(55 \div 70)^\circ$. Расстояния между концами шпуров $(10 \div 20)$ см.

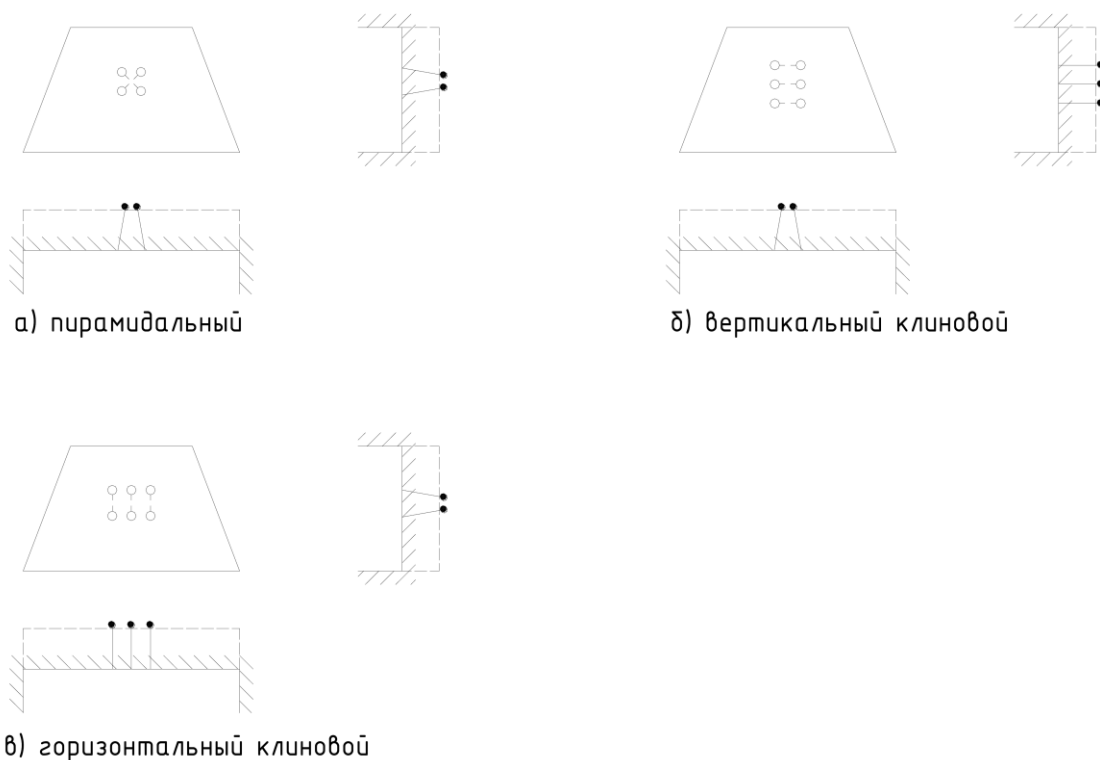


Рис. 3. Основные типы наклонных врубов

Различают следующие основные типы наклонных врубов:

- Пирамидальный. Шпуры образуют четырехгранную пирамиду (рис.3а);
- Вертикальный клиновый. Шпуры образуют вертикальный клин в центральной части забоя (рис 3б);
- Горизонтальный клиновый. Шпуры образуют горизонтальный клин в центральной части забоя (рис. 3в).

Наклонные врубы применяют в породах средней крепости и крепких. Пирамидальный вруб эффективен в монолитных вязких породах большой крепости. Он создает наибольшую концентрацию заряда в глубине вруба.

Клиновые врубы (вертикальный и горизонтальный) целесообразны в породах при соответствующем падении трещин и напластований. При применении пирамидального и горизонтального клинового вруба площадь сечения выработки должна быть не менее 4 м². При использовании вертикального клинового вруба – не менее 6 м².

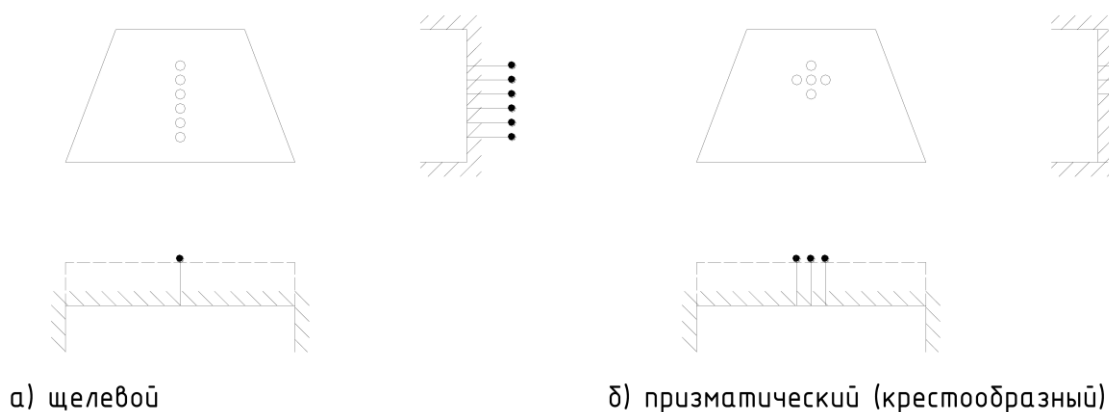


Рис. 4. Основные типы прямых врубов

Прямые врубы образуются шпурами, ориентированными перпендикулярно плоскости забоя. К основным типам относится:

- Щелевой. Параллельные шпуры образуют вертикальный ряд (рис 4а);
- Призматический. Параллельные и близко расположенные шпуры пробурены перпендикулярно плоскости забоя, являясь условными гранями четырехгранной призмы. Шпур, пробуренный в центре не заряжается (рис 4б);

Прямые врубы применяют при любой крепости пород, что упрощает разметку шпуров на забое и их бурение. Они позволяют с большей эффективностью применять для обурирования забоев мощные и тяжелые бурильные машины, увеличивать величину заходки, сокращать время на обуривание забоя.

2.5. Определение основных параметров шпуров.

Определение линии наименьшего сопротивления.

Одним из важнейших параметров, определяющих расположение шпуров в забое, является линия наименьшего сопротивления (ЛНС) отбойного шпура (WOT), в зависимости от величины которой, определяются параметры расположения шпуров в забое.

$$W_{OT} = 47 \cdot K_m \cdot K_3 \cdot d_3 \sqrt{\frac{\Delta}{c \cdot e}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где K_m – коэффициент местных геологических условий (табл. 10);

K_3 – коэффициент зажима (0,6 для S до 4 м², 0,7 ÷ 0,8 для $S = 4 \div 60$ м² и 0,9 для $S > 60$ м²);

d_3 – диаметр заряда, м;

Δ – плотность заряжения, т/м³;

c – плотность породы, т/м³;

e – относительная работоспособность ВВ

Таблица 10. - Коэффициент местных геологических условий (K_m)

Грунты (породы)	Категория трещиноватости	K_T
Монолитные и крупноблочные вязкие с размерами отдельностей, превышающими расстояния между зарядами, а так же многолетнемерзлые скальные	V	0,9
Разбитые на отдельности сомкнутыми или зацементированными трещинами	IV	0,95
Трещиноватые, трещины могут быть заполнены мягкими образованиями	III	1,0
Сильно трещиноватые; массив разбит на мелкие блоки зияющими или заполненными рыхлыми образованиями, трещинами любого направления	II	1,05
То же, при горизонтальном направлении трещин и наличии слабых прослоек на подошве, а также мелкоблочные полускальные	I	1,1

ЛНС также определяют по формуле

$$W_{OT} = \sqrt{\frac{P}{q_p}}, \text{ м},$$

где P – вместимость 1 м шпура (патрона ВВ), кг/м;

q_p – расчетный удельный расход, кг/м³.

Формулу для расчета ЛНС можно представить в виде

$$W_{OT} = 28d_3 \sqrt{\frac{\Delta}{q_p}}, \text{ м},$$

где Δ – плотность заряжения, т/м³.

Параметры врубовых шпуров.

К параметрам наклонных врубовых шпуров относятся: число шпуров во врубе, угол наклона шпуров к плоскости забоя (α), расстояния между устьями шпуров одного наклона (a), расстояние между концами сходящихся шпуров (b), расстояния между устьями сходящихся шпуров ($a_{вр}$), перебур ($l_{пер}$) (рис.5).

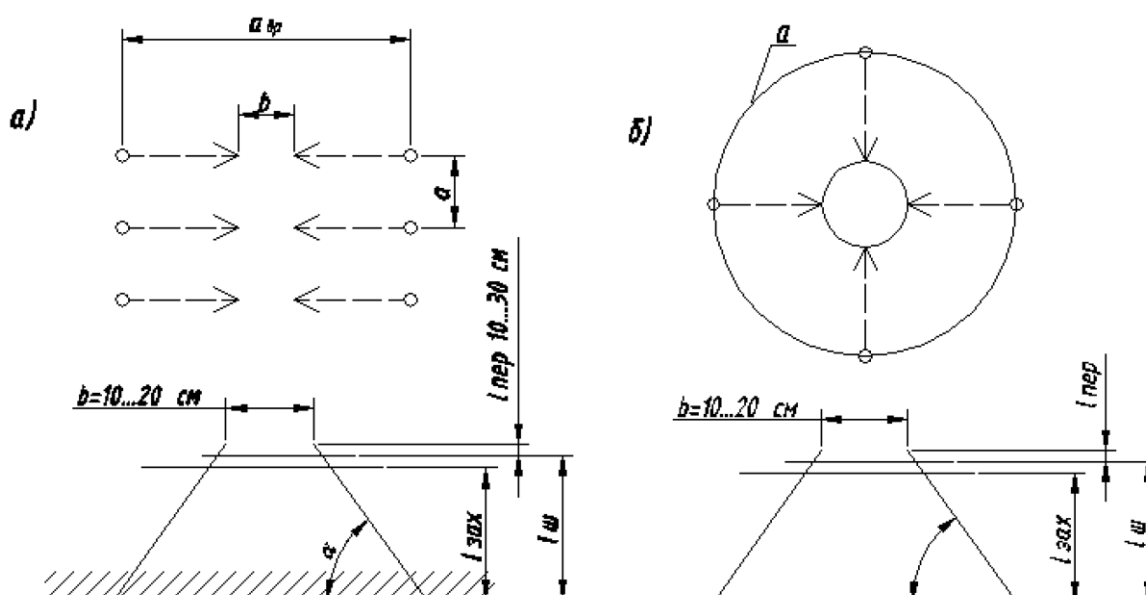


Рис.5 Схема к определению параметров наклонных врубов

Рациональные параметры клиновых врубов в зависимости от крепости породы при использовании патронов аммонита №6ЖВ диаметром 32 мм приведены в таблице 11.

Таблица 11

Группа пород по СНиПу	Коэффициент крепости f	Минимальное число шпуров во врубе N _{вр}	Расстояние между устьями шпуров одного наклона (a), м	Угол наклона врубовых шпуров (α), град.
IV – V	< 6	2 – 4	0,5	70
VI	6 – 8	4 – 6	0,45	68
VII	8 – 10	6	0,4	65
VIII	10 – 13	6	0,35	63
IX	13 – 16	6	0,3	60
X	16 – 18	6	0,25	58
XI	> 18	8	0,2	55

При использовании иных патронов (по диаметру или типу ВВ) расстояние между устьями шпуров одного наклона, приведенное в таблице 10, пересчитывают по формуле

$$a = a_{32} \frac{d_{\Pi}}{32} \sqrt{\frac{A}{380}}, \text{ м},$$

где d_{Π} – принятый диаметр патрона, мм;

A – работоспособность принятого типа ВВ, см³.

Расстояние между устьями сходящихся шпуров ($a_{вп}$) для клиновых врубов находят графически или рассчитывают по формуле:

$$a_{вп} = b + 2h_{пер} \cdot \text{ctg} \alpha + 2l_{ш} \cdot \text{ctg} \alpha, \text{ м},$$

где $h_{пер}$ – глубина перебура врубовых шпуров, м; $l_{пер} = 0,1 - 0,3$ м.

В **пирамидальных врубах** рациональное число врубовых шпуров ($N_{вр}$) зависит от принятого расстояния между ними, угла наклона шпуров к плоскости забоя, принятой глубины отбойных шпуров и величины перебура врубовых шпуров. Расстояние между шпурами и угол их наклона к плоскости забоя принимается в зависимости от крепости пород (табл. 12).

Таблица 12

Коэффициент крепости породы (f)	Расстояние между устьями соседних шпуров (a), м	Угол наклона шпуров к плоскости забоя (α), град
2 – 4	1	70
4 - 6	0,95	70
6 – 8	0,9	68
8 - 10	0,8	65
10 - 13	0,7	63
13 – 16 и более	0,6	60

Устья шпуров пирамидального вруба располагают по окружности, радиус которой

$$r = l_{\text{ш}} + l_{\text{неп}} \cdot \operatorname{ctg} \beta + \frac{b}{2},$$

а число врубовых шпуров

$$N_{\text{вр}} = \frac{2pr}{a}.$$

К параметрам **щелевого вруба** относятся: длина врубовой щели, расстояние между шпурами вруба, число щелевых шпуров.

Длину врубовой щели принимают равной

$$b_{\text{щ}} = (1,1 \div 1,4) \cdot W_{\text{от}}, \text{ м},$$

число шпуров щелевого вруба

$$N_{\text{щ}} = \frac{b_{\text{щ}}}{a_{\text{щ}}} + 1.$$

Минимально возможное расстояние между шпурами при котором образуется щель

$$a_{\text{щ}} = c \cdot d_{\text{э}} \sqrt{\frac{\Delta}{e \cdot c}}, \text{ м},$$

где c – коэффициент, зависящий от группы пород по СНиП (табл.13);

c - плотность горной породы, т/м³.

Таблица 13

Группа пород по СНиП	IV - V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Коэффициент крепости	< 6	6 – 8	8 – 10	10 – 13	13 – 16	16 – 18	> 18
Коэффициент c	9	8	7	6	5	4	3

Примерные расстояния между шпурами щелевого вруба 10 – 20 см.

Призматические шпуры могут располагаться в вершинах или гранях разных фигур (треугольник, крест, круг и др.). Шпур

ы располагают близко друг от друга на расстоянии примерно равном $(0,2 \div 0,5) \cdot W_{OT}$. Меньшие значения расстояния следует применять для более крепких пород. Отдельные шпуры (1 – 3) могут не заряжаться, они называются компенсационными.

Глубина врубовых шпуров всех видов в общем случае определяется формулой:

$$l_{\text{вр}} = \frac{h_{\text{ш}} + l_{\text{пер}}}{\sin \beta},$$

где $h_{\text{ш}}$ – глубина шпуров основного комплекта, м;

$l_{\text{пер}}$ – длина перебура врубовых шпуров. Принимается 0,1-0,3 м;

β – угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя, град.

Длина шпуров целевого вруба не должна превышать ширины выработки.

Наклонные и призматические врубы размещают в центральной части забоя, целевой – по вертикали проходящей через центр выработки. Минимальное расстояние от врубовой щели до почвенных шпуров должно быть не меньше W_{OT} .

Длина забойки врубовых шпуров (м)

$$l_{\text{заб}}^{\text{в}} = 0,25 \cdot l_{\text{вр}},$$

где $l_{\text{вр}}$ – длина врубовых шпуров, м.

Длина заряда в шпуре (м)

$$l_{\text{заб}}^{\text{с}} = l_{\text{вр}} - l_{\text{заб}}^{\text{в}}.$$

Масса заряда одного врубового шпура (кг)

$$Q_{\text{с}} = 0,75 \cdot l_{\text{вр}} \cdot p,$$

где p – вместимость 1 м шпура (патрона ВВ), кг.

Определение параметров отбойных шпуров.

Отбойные шпур

ы взрываются после врубовых или вспомогательных и предназначены для расширения полости, образованной врубом. При малых сечениях выработок, отбойных шпуров может и не быть, а при большом сечении отбойными шпурами разрушается большая часть породы в забое.

Расстояние между отбойными шпур

ами принимается равным ЛНС (W_{OT}).

Располагать шпур

ы следует по квадратной сетке, что облегчает их разбивку и разметку.

Длина забойки отбойных шпуров (м)

$$l_{\text{заб}}^{\text{от}} = (0,8 \div 1) W_{OT}.$$

Длина заряда (м)

$$l_{\text{заб}}^{\text{с}} = l_{\text{от}} - l_{\text{заб}}^{\text{от}}.$$

Масса заряда отбойного шпура (кг)

$$Q_{\text{от}} = l_{\text{заб}}^{\text{с}} \cdot p.$$

При определении величины забойки, а затем и длины заряда следует учитывать, что величина заряда в отбойных шпурах по сравнению с врубовыми должна находиться в примерном соотношении:

$$Q_{от} \approx \frac{Q_{в}}{1,2}.$$

Расчет параметров оконтуривающих (контурных) шпуров

Придание выработке проектного контура обеспечивается взрыванием контурных шпуров.

В целях повышения качества оконтуривания применяют технологию «гладкого взрывания», которая имеет две разновидности:

- метод предварительного оконтуривания;
- метод последующего оконтуривания (контурное взрывание).

Некоторый перерасход средств на бурение вследствие сближенного расположения зарядов при гладком взрывании компенсируется снижением расходов на крепление и поддержание выработок.

При обычном и контурном взрывании (последующем оконтуривании) контурные шпуры взрываются после отбойных и предназначены для придания выработке заданной конфигурации.

При способе предварительного оконтуривания взрыванием контурных шпуровых зарядов образуют щель по контуру выработки, а во вторую очередь разрушают основную массу породы взрывами врубовых и отбойных шпуров.

Взрывание зарядов по контуру при предварительном оконтуривании следует производить либо до бурения остальных шпуров, либо с временным опережением не менее 100 мс в породах IV – VI групп и не менее 75 мс в породах VII – XI групп по шкале СНИП. Заряды в контурных шпурах взрываются одновременно.

Оконтуривающие шпуры располагаются по периметру выработки на расстоянии, определяемым в зависимости от принятого способа оконтуривания, величины OTW или величины диаметра заряда.

При проходке выработок без применения гладкого взрывания расстояние между контурными шпурами принимаются одинаковыми по всему периметру выработки

$$a_K = 0,8 \div 1W_{от}.$$

Величина коэффициента сближения в формуле принимается в зависимости от крепости пород (меньшие значения принимаются для более крепких пород).

Масса заряда в контурном шпуре по отношению к массе заряда отбойного шпура $Q_K = (0,8 \div 1)Q_{от}$.

При применении контурного взрывания и предварительного оконтуривания (щелеобразования по контуру) расстояние между контурными шпурами

$$a_K = 22 \cdot d_3 \cdot K_3 \cdot K_y,$$

где K_3 – коэффициент зажима;

K_y – коэффициент геологических условий;

d_3 – диаметр заряда контурных шпуров, м.

Значения коэффициента зажима (K_z)

а) при методе предварительного щелеобразования (оконтурирования),	0,7
б) при методе сближенных контурных зарядов	0,8 ÷ 0,9

Коэффициент геологических условий (K_y)

при отсутствии ярко выраженной системы напластований или трещиноватости	1
при наличии угла между господствующей системой трещин и щелью предварительного откола (α) $\alpha = 90 - 70$	0,9
$\alpha = 0$ (а также при горизонтальном залегании геологических плоскостей)	0,85

Расстояние между контурными шпурами при методе сближенных контурных зарядов можно также вычислить из выражения

$$a_K = (0,5 \div 0,8) \cdot W_{OT}.$$

Максимальные расчетные расстояния между оконтуривающими шпурами при обычном взрывании и диаметрах патронов ВВ 32-36 мм должны быть не более 800-900 мм, а при диаметрах патронов ВВ 45 мм – не более 1000-1200мм.

Расстояние между контурными шпурами при гладком взрывании с последующим оконтуриванием 0,2-0,6 м.

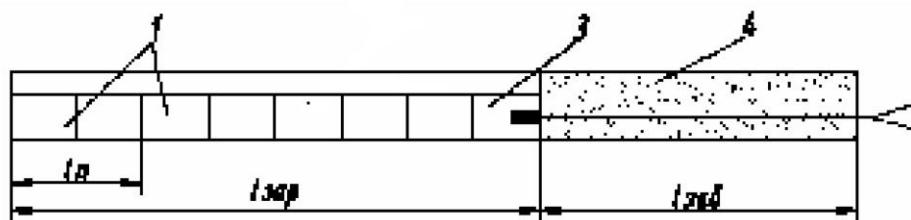
Устья контурных шпуров располагают в пределах забоя на расстоянии 15-20 см от проектного контура при обычном взрывании и на расстоянии 5-7 см – при гладком.

Концы контурных шпуров размещают на проектном контуре выработки или выводят за проектный контур на 5-15 см в породах с коэффициентом крепости $f \geq 10-12$. Расстояние между контурным рядом шпуров и отбойными шпурами $W_{K-O} = (0,7 \div 0,8) \cdot W_{OT}$.

Выбор и расчет конструкции шпуровых зарядов

При обычном взрывании заряды всех шпуров имеют сплошную конструкцию. При применении патронированного ВВ они формируются патронами ВВ массой 200 - 300г (рис.6 а).

а)



б)

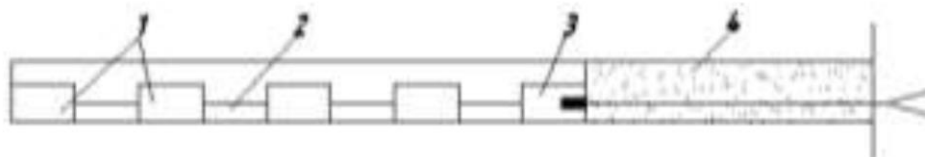


Рис. 6. Конструкция шпурового заряда: а – сплошного; б – с воздушными промежутками; 1 – патроны ВВ; 2 – (деревянная прокладка) фальш-патрон; 3 – патрон-боевик ВВ; 4 – забойка.

При гладком взрывании сплошную конструкцию зарядов применяют только для врубовых и отбойных шпуров. Патрон-боевик размещают первым от устья шпура, реже последним. При расположении патрона-боевика последним от устья шпура (обратное инициирование) дно гильзы электродетонатора (капсюля-детонатора) должно быть направлено к устью шпура (§138 ЕПБ при взрывных работах).

При сплошной конструкции заряда количество патронов в шпуре с округлением до целого

$$n = \frac{Q}{m}.$$

где Q – масса заряда в шпуре, кг;

m – масса одного патрона, кг.

Уточненная масса заряда одного шпура

$$Q^1 = n \cdot m, \text{ кг.}$$

Для оконтуривающих шпуров при контурном взрывании применяется рассредоточенная конструкция заряда с воздушными промежутками (рис. 6б)

Массу контурных зарядов можно определить по формуле

$$Q_K = 0,75 \cdot p_{25} \cdot l_K,$$

где p_{25} – вместимость 1 погонного метра заряда диаметром 25 мм.

$$p_{25} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot \Delta.$$

Расчетный заряд контурных шпуров при гладком взрывании определяют из выражения

$$Q_K = \bar{\gamma}_K \cdot l_K = p \cdot k_s \cdot l_K,$$

где $\bar{\gamma}_K = p \cdot k_s$ – средняя концентрация ВВ на 1 м шпура, кг/м.

Средняя концентрация ВВ на 1 м длины шпура принимается в зависимости от крепости пород по таблице 14 (для шпуров $l_{ш} \leq 2$ м)

f	2 – 4	4 – 6	6 – 8	8 – 10	10 – 12	14 и более
$\bar{\gamma}$	0,3	0,35 – 0,45	0,45 – 0,55	0,55 – 0,6	0,6 – 0,65	0,65 – 0,7

При глубине комплекта шпуров более 2 м среднюю концентрацию ВВ определяют по формуле

$$\gamma'_K = k \cdot \frac{2,0}{l_{ш}} \cdot \gamma_K,$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние крепости пород и принимаемый 1,0 при $f < 12$ и равным 1,1-1,3 при $f \geq 12$;

$l_{ш}$ – принятая глубина комплекта шпуров основного комплекта.

Уточненная масса заряда контурных шпуров

$$Q'_K = n \cdot m,$$

где m – масса заряда пониженной мощности,

$n = Q_K / m$ – число патронов пониженной мощности (округляется до целого числа в сторону уменьшения).

Для вычисления длины воздушного промежутка между патронами вычисляется полная длина контурного заряда

$$l_{зк} = 0,75 \cdot l_{ш}.$$

Суммарная длина всех воздушных промежутков

$$\sum l_{en} = l_{зк} - n \cdot l_n.$$

N – общее число патронов пониженной мощности;

l_n - длина одного патрона, м.

Длина одного воздушного промежутка

$$l_{en} = \sum \frac{l_e}{n-1}.$$

Длина одного патрона определяется по формуле

$$l_n = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot \Delta}.$$

Определение числа шпуров на цикл

Ориентировочное общее число шпуров на цикл при обычном взрывании определяется по формуле Г.И.Покровского

$$N = \frac{Q}{Q_1},$$

где Q - количество ВВ на цикл, кг; Q_1 - количество ВВ в одном шпуре, кг

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \Delta \cdot l_{ш} \cdot k_3,$$

d - диаметр заряда, м;

Δ - плотность ВВ, кг/м³;

$l_{ш}$ - глубина шпуров основного комплекта, м;

k_3 - коэффициент заполнения шпура ВВ.

При проведении выработок в шахтах не опасных по газу и пыли, значения коэффициента заполнения шпуров в общем случае следует принимать в зависимости от крепости пород, диаметра шпура и диаметра патронов ВВ (табл.15).

Таблица 15. - Коэффициенты заполнения шпуров в шахтах, не опасных по газу или пыли

Диаметр патронов ВВ, мм	Коэффициент заполнения шпуров при коэффициенте крепости по М.М.Протодякову	
	$f = 2 \div 10$	$f = 10 \div 20$
28 – 40	0,6 – 0,7	0,7 – 0,8
45	0,35 – 0,45	0,45 – 0,5

Число шпуров на забой определяется также выражением

$$N = \frac{q_p \cdot l_{ш} \cdot S}{l_{ш} \cdot k_3 \cdot p} = \frac{q_p \cdot S}{k_3 \cdot p},$$

где p – вместимость 1м шпура (патрона, кг/м);

k_3 - коэффициент заполнения шпура.

Формулу Г.И.Покровского можно представить в виде

$$N = \frac{1,27 \cdot q_p \cdot S}{d^2 \cdot k_3 \cdot \Delta},$$

где d - диаметр патрона (шпура), м;

Δ - плотность заряжания, кг/м³.

Общее число шпуров при **гладком взрывании** определяется суммированием количества шпуров по отдельным видам.

Число контурных шпуров находят из выражения

$$N = \frac{P}{a_k} + 1,$$

где P – периметр линии расположения контурных шпуров, которая отстоит от контура выработки на величину ($\Delta_0 = 5 \div 7$ см), м;

a_k – расстояние между контурными шпурами, м.

Число врубовых шпуров определяется по таблицам или формулам, в зависимости от типа вруба и крепости пород (см. выше).

Число отбойных шпуров вычисляется по формуле

$$N = \frac{q \cdot S_{от}}{k_3 \cdot p},$$

где $S_{от}$ – площадь забоя, приходящая на отбойные шпуры, м²;

$$S_{от} = S - (S_k + S_{вруб}).$$

Для определения площади забоя, взрываемого контурными шпурами необходимо знать расстояние от линии расположения контурных шпуров до обнаженной поверхности, создаваемой взрывом зарядов предконтурного ряда отбойных шпуров - W_k (рис.7).

$$W_k = 0,5 \cdot W_{от}, \text{ м.}$$

Площади забоя, разрушаемые врубовыми шпурами, определяются по простым геометрическим формулам:

– для щелевого вруба:

$$S_{сп} = a_{щ} \cdot h_{сп}.$$

– для клинового вруба:

$$S_{сп} = a_{сп} \cdot a(0,5N - 1).$$

– для пирамидального вруба:

$$S_{сп} = \pi [(l_{ш} + l_{пер}) \cdot ctg\beta + 0,5 \cdot b]^2.$$

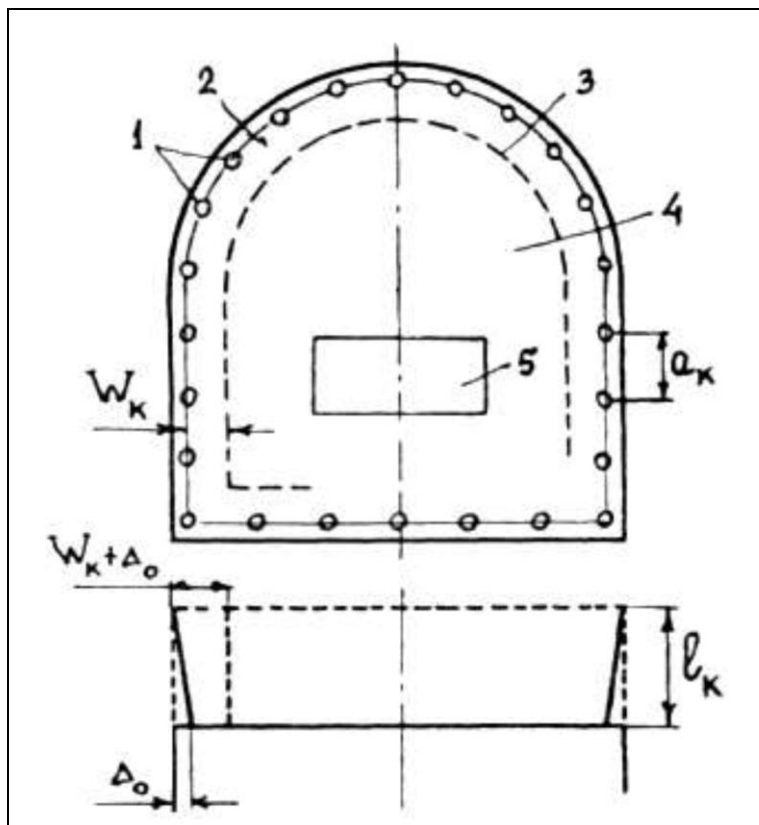


Рис.7. Схема контурного (гладкого) взрывания:

- 1- контурные шпуры;
- 2- площадь забоя, взрываема контурными шпурами;
- 3 – контур обнажения, создаваемый взрывом отбойных шпуров;
- 4 - площадь забоя, взрываема отбойными шпурами;
- 5 – площадь забоя, взрываема врубовыми шпурами.

Рациональное число шпуров на 1 м² забоя выработки составляет 1-2 шпура. Большое число шпуров свидетельствует о том, что выбрано недостаточно мощное ВВ или (и) занижен диаметр патронов. Соответственно, слишком малое число шпуров указывает на завышенную мощность ВВ и диаметр патронов.

Расчет общего числа шпуров и по отдельным видам осуществляется также путем их разметки на плоскости забоя. После уточнения их количества корректируют величину общего расхода ВВ на забой (кг):

$$Q' = Q'_e N_e + Q'_{от} N_{от} + Q'_k N_k.$$

Уточняют средний удельный расход на забой (q') (кг/м³)

$$q' = \frac{Q'}{Sl_{uz}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

где z - коэффициент использования шпура (КИШ), принимается $0,8 \div 0,9$.

3. Обоснование способа, режима, средств и показателей взрывания

3.1. Последовательность и средства взрывания

Для проведения выработок преимущественно применяют мгновенное и короткозамедленное взрывание. Последовательность взрывания зарядов зависит от выбранного способа оконтуривания. Предварительное оконтуривание предусматривает образование щели по контуру выработки за счет первоначального взрыва оконтуривающих шпуров. Взрывание зарядов по контуру при предварительном оконтуривании следует проводить либо до бурения

остальных шпуров, либо (при короткозамедленном взрывании) в первую очередь перед взрывом врубовых шпуров. В способе последующего оконтуривания первыми мгновенно взрывают заряды во врубовых шпурах. Затем через интервал замедления взрывают отбойные шпуры, которые делят на отдельные группы, взрывающиеся с интервалом. В группы объединяют шпуры, позволяющие последовательно (слоями) вести отбойку горной породы на врубовую полость.

Контурные шпуры взрывают одновременно, после взрыва отбойных.

Интервал замедления между взрывами отдельных групп зарядов при КЗВ целесообразно определять по формуле

$$t = \frac{31,5}{\sqrt[4]{1,3f}} W_{OT} - 6 \cdot \sqrt{1,3f} + 9,6, \text{ мс.}$$

При электрическом способе взрывания зарядов ВВ применяют следующие средства взрывания: электродетонаторы мгновенного и короткозамедленного действия, источники тока и провода. Промышленностью выпускаются различные марки электродетонаторов (табл. 16, 17). К предохранительным детонаторам относятся детонаторы безопасные по взрыву метано-воздушной смеси.

Таблица 16

Параметр	Непредохранительные		Предохранительные
	ЭД-8-Ж (ГОСТ 9089-75)	ЭД-1-8-Т (ТУ21806-76)	ЭД-КЗ-ОП (ГОСТ 21806-76)
Наружный диаметр, мм	7,2	7,2	7,7
Длина, мм	50 - 60	50 - 60	7,2
Время срабатывания при токе 1А, мс	2 - 6	1 - 4	2 - 6
Толщина стенок гильзы, мм	0,2 - 0,3	0,2 - 0,3	
Масса вторичного инициирующего вещества, г	1,0	1,0	1,6
Сопротивление, Ом	1,8 - 3	0,5 - 0,9	
Импульс воспламенения, А ² мс	0,6 - 2,0	40 - 80	
Безопасный ток, А	0,18	0,92	

Характеристика электродетонаторов короткозамедленного и замедленного действия, выпускаемых промышленностью, приведена в табл. 17.

Таблица 17

Марка (ГОСТ)	Замедление	
	Число серий	Интервал, мс
Непредохранительные		
ЭД-1-3-Т (ТУ 84-638-83)	1 - 10	20-200 (через 20 мс)
	11 - 14	225-300 (через 25 мс)
	15 - 18	350-500 (через 50 мс)
	19 - 23	600-1100 (через 100 мс)
	24	1,5
	25 - 29	2-10 (через 2 с)
ЭД-КЗ (ТУ 84-317-83)	1 - 6	25; 50; 75; 100; 150; 250

ЭД-ЗД (ТУ84-317-83)	1 - 9	0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 4; 6; 8; 10
ЭД-ЗН (ТУ-84-884-80)	1 - 10	20-200 (через 20 мс)
	11 - 14	225-300 (через 25 мс)
	15 - 18	350-500 (через 50 мс)
	19 - 23	600-1000 (через 100 мс)
Предохранительные		
ЭД-КЗ-П (ГОСТ 21806-76)	1 - 5	25; 50; 75; 100; 125
ЭД-КЗ-ПМ (ГОСТ 21806-76)	1 - 7	15; 30; 45; 60; 80; 100; 120

Для монтажа взрывной сети используют провода, техническая характеристика и назначение которых представлены в табл. 18.

Таблица 18.

Марка провода	Материал жил	К-во жил	Диаметр жил, мм	Площадь сечения жил, мм ²	Сопротивление 1 м провода, Ом/м	Назначение провода
ЭВ и ЭП	Медь	1	0,5	0,2	0,10	Концевые и участковые
ЭВЖ	Сталь	1	0,6	0,28	0,52	
ЭПЖ	Сталь	1	0,6	0,28	0,52	
ВМВ	Медь	1	0,8	0,5	0,04	Магистральные и соединительные
ВМП	Медь	1	0,8	0,5	0,04	
ВМВЖ и ВМПЖ	Сталь	2	1,2	1,13	0,14	

При проведении БВР в выработках, не опасных по газу и пыли, в качестве источника тока применяют предназначенные для этих условий конденсаторные взрывные машины КПМ-3, ВМК-500. Для производства взрывов в подземных выработках, опасных по газу и пыли, следует применять взрывные приборы ПИВ-100М и КВП-1/100М.

При выборе источника тока учитываются: пылегазовый режим выработки, число последовательно соединяемых электродетонаторов, наличие соответствующих источников тока. Техническая характеристика источников тока приведена в табл. 19.

Таблица 19

Параметры	КПМ-3	ВМК-500	ПИВ-100М	* КВП - 1/100М
Исполнение	Нормальное	Нормальное	РВ**	РВ
Напряжение на конденсаторе-накопителе, В	1600	3000	600	600
Емкость конденсатора - накопителя, мкФ	2	3,3	10	10
Максимальное допустимое сопротивление последовательной взрывной сети ЭД-8-Ж, ЭД-8-Э и др., Ом	600	2100	320	320

Длительность подключения конденсатора к сети, с	Не ограничивается	Не ограничивается	2 - 4	2 – 4
Первичный источник тока	минигенератор	минигенератор	Три сухих элемента	Три сухих элемента
Масса машинки (прибора), кг	2,3	11	2,7	2,0

* Прибор КВП-1/100М отличается от ПИВ-100М тем, что не имеет встроенной системы измерения сопротивления взрывной сети;

** РВ – рудничное взрывобезопасное.

3.2 Расчет электровзрывной цепи

При производстве взрывов электрическим способом рекомендуется последовательная схема инициирования. Расчет электровзрывной сети сводится к определению ее полного сопротивления и силы тока, проходящего через каждый электродетонатор. Расчету полного сопротивления электровзрывной сети предшествует определение длины и сопротивления участков (L_y), соединительных (L_c) и магистральных проводов (L_m) (рис.8).

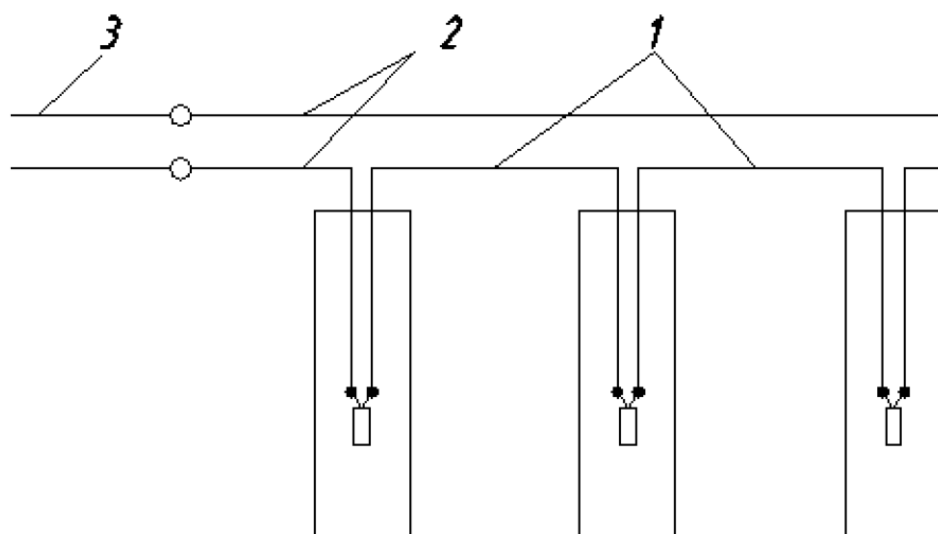


Рис.8. Последовательная схема соединения зарядов:

1- участковые провода; 2- соединительные провода; 3 – магистральные провода

Длина **участковых проводов** определяется графо-аналитическим методом по формуле

$$L_y = 1,1 \cdot W(N - 1), \text{ м},$$

где W – среднее расстояние между зарядами, соединяемыми последовательно, м;

N – число зарядов.

Длина соединительных проводов определяется графо-аналитическим методом в зависимости от схемы расположения и взрывания зарядов. Длина

магистральных проводов зависит от расстояния между местом расположения зарядов до взрывной станции

$$L_m = 1,1 \cdot R_b, \text{ м},$$

где R_b – расстояние от забоя до взрывной станции, м.

Полное сопротивление электрической цепи, при установке одного ЭД в боевике

$$R_{\text{общ}} = 2 \cdot R_m + R_c + R_y + N \cdot R_o = 2 \cdot L_m \cdot r_m + L_c \cdot r_c + L_y \cdot r_y + N \cdot R_o, \text{ Ом},$$

где L_m – длина магистрали, м;

L_c – общая длина соединительных проводов, м;

L_y – общая длина участковых проводов, м;

N – число последовательно соединенных боевиков в зарядах;

r_m ; r_c ; r_y – сопротивление 1 метра магистральных, соединительных и участковых проводов соответственно, Ом/м (табл.18);

R_o – сопротивление одного электродетонатора, $R_o = 3,6$ Ом.

Общее сопротивление ($R_{\text{общ}}$) электровзрывной сети для обеспечения безотказного взрыва должно быть

$$R_{\text{общ}} = R_n,$$

где R_n – паспортное (допустимое сопротивление сети) для выбранного типа машинки.

Общая сила тока в сети

$$I_{\text{общ}} = \frac{U}{R_{\text{общ}}}, \text{ А},$$

где U – напряжение в электровзрывной сети, В.

Общая сила тока, проходящего через ЭД должна быть больше гарантийного тока. В соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах при использовании источников постоянного тока в каждый ЭД должен поступать гарантийный ток не менее 1А, если одновременно взрывается до 100 ЭД; не менее 1,3А – до 300 ЭД; не менее 2,5А при взрывании переменным током независимо от их количества.

При иницировании зарядов от взрывных приборов в электровзрывную сеть поступает импульсный ток, поэтому возможность безотказного взрыва проверяют только по допустимому сопротивлению.

3.3 Определение показателей буровзрывных работ

Объем бурения на цикл

$$L = N_{\text{вр}} \cdot l_{\text{вр}} + N_{\text{от}} \cdot l_{\text{от}} + N_{\text{к}} \cdot l_{\text{к}}.$$

Подвигание забоя за один взрыв

$$L_n = l_{\text{ш}} \cdot \eta, \text{ м},$$

где $l_{\text{ш}}$ – средняя длина шпуров, м; η – коэффициент использования шпуров (КИШ), $\eta = 0,8 \div 0,9$

Объем разрушенной породы за цикл

$$V = S \cdot l_{\text{ш}} \cdot \eta, \text{ м}^3,$$

где S - площадь поперечного сечения выработки, м^2 ; $l_{\text{ш}}$ - средняя длина шпуров, м ; η - КИШ.

Расход ВВ на 1 м^3 взорванной породы и на 1 п.м выработки

$$q^1 = \frac{Q^1}{V}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$q^{11} = \frac{Q^1}{l_{\text{ш}}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}},$$

где Q^1 – уточненный расход ВВ на забой, кг ;

V – объем разрушенной горной породы за цикл, м^3 .

Расход бурения на 1 м^3 породы и на 1 п.м выработки

$$L^1 = \frac{L}{V}, \frac{\text{м}}{\text{м}^3};$$

$$L^{11} = \frac{L}{l_{\text{ш}}}, \frac{\text{м}}{\text{м}},$$

где L - общий объем бурения, м ; V - объем разрушенной породы, м^3 .

Аналогично определяется удельный расход электродетонаторов на 1 м^3 взорванной горной породы и на погонный метр длины выработки.

Расход забоечного материала на цикл определяется по формуле

$$V = N \frac{\pi d^2}{4} \sum l_{\text{заб}}, \text{м}^3,$$

где N - число шпуров; D - диаметр шпуров, м ; $\sum l_{\text{заб}}$ - длина забойки на забой, м .

3.4 Сводная ведомость показателей проекта

Горнотехнические условия и показатели проекта сводятся в таблицу 20 и 21.

Паспорт БВР представляется в виде чертежа (рис.10).

Таблица 20. - Горно-технические условия и показатели проекта.

№	Наименование	ед.изм.	К –во, тип
1	Пыле-газовый режим		
2	Площадь сечения выработки	м^2	
3	Коэффициент крепости		
4	Плотность породы	т/м^3	
5	Средняя длина шпуров	м	
6	Диаметр шпуров	мм	
7	Подвигание забоя за один цикл	м	
8	КИШ		
9	Количество шпуров на забой		
10	Тип ВВ		
11	Удельный расход ВВ	кг/м^3 кг/м	
12	Расход ВВ за цикл		
13	Тип и количество ЭД		

	врубовые отбойные (вспомогательные) контурные (почвенные)	шт шт шт	
14	Удельный расход ЭД	шт/ м ³ шт/ м	
15	Тип взрывной машинки (прибора)		
16	Объем взорванной породы за цикл	м ³	
17	Выход взорванной горной массы с 1 п.м. шпура	м ³ /м	
18	Объем бурения за цикл	м	
19	Удельный объем бурения	м/м ³ м/м	
20	Расход забойки на цикл	м ³	

Таблица 21. - Параметры и очередность взрывания шпуров

№	длина шпуров, м		угол наклона шпура, град.		масса заряда, кг		длина заряда	длина забойки	очеред. взрыв. групп	номинал замедления
	одинач	групп	в гор. проек.	в вер. проек	шпура	группы				

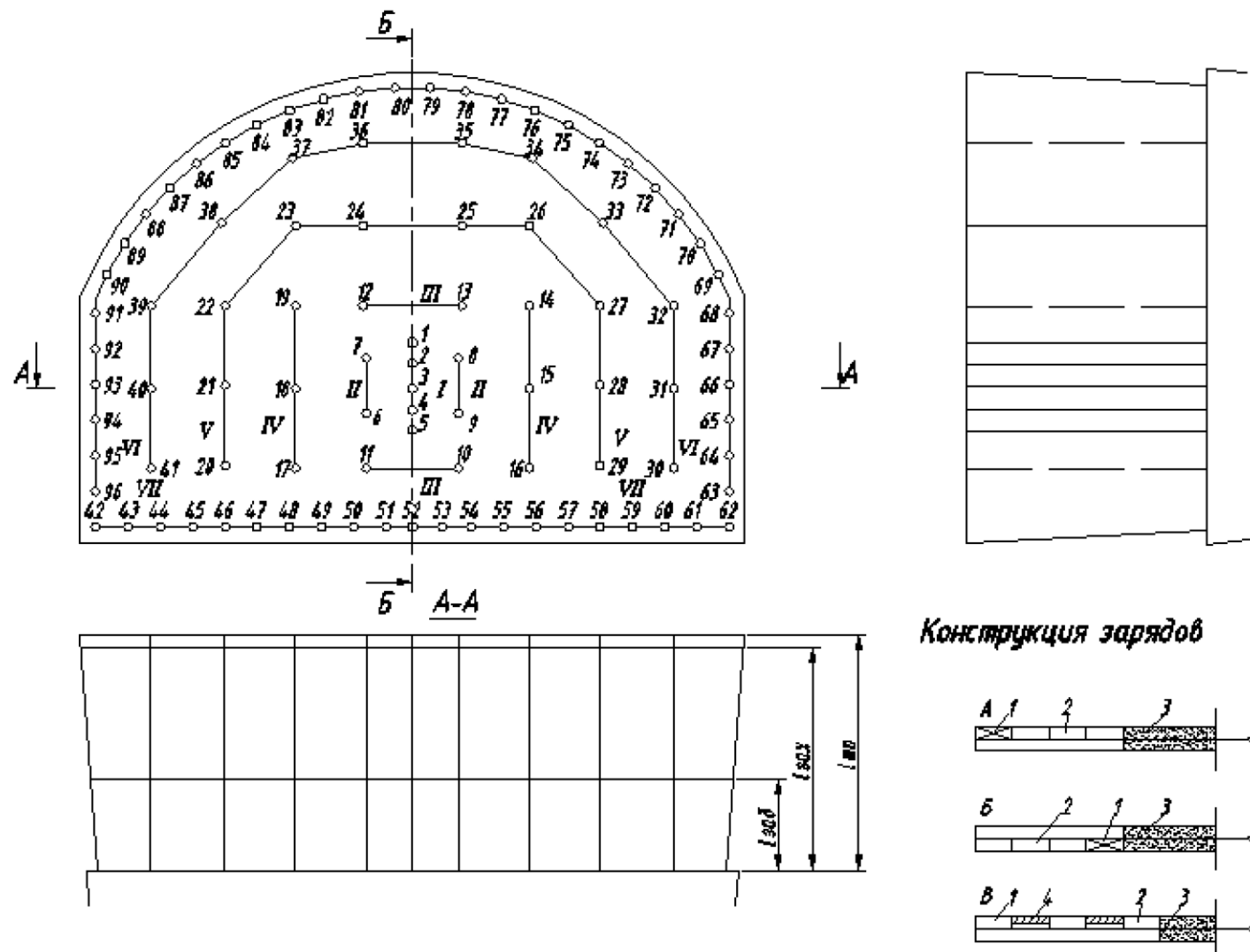


Рис. 9. Паспорт БВР по проведению горной выработки:
 1 – патрон боевик; 2 – патрон ВВ; 3 – забойка; 4 – деревянная прокладка (фальш – патрон)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ			
Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Лукиянов В. Г., Комащенко В. И., Шмурыгин В. А.	Взрывные работы: Учебник для вузов https://urait.ru/bcode/453890	Москва: Юрайт, 2020
Л1.2	Б.Н.Кутузов, В.А.Белин	Проектирование и организация взрывных работ : учебник	Москва : Горная книга, 2019
Л1.3	В.В.Матвейчук, В.П.Чурсалов	Взрывные работы: учеб. пособие	Москва : Академический Проект, 2002
Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Боровков Ю. А., Дробаденко В. П., Ребриков Д. Н.	Основы горного дела: учебник https://e.lanbook.com/book/111398	Санкт-Петербург: Лань, 2019
Л2.2	учредитель ООО научно-произ. комп. Гемос Лиметед	Горная Промышленность: Горная Промышленность: научно- техн.и произв. журнал https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=44874645	,
Л2.3	учредитель Уральский государственный горный университет	Известия высших учебных заведений. Горный журнал : научно-технический журнал https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=48017519	Екатеринбург : Уральский государственный горный университет ,
Л2.4	учредители : ФГБУ "Всероссийский научно- исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского"	Разведка и охрана недр : науч-технич. журнал https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=47992723	,
Л2.5	С.А.Брылов, Л.Г.Грабчак, В.И.Комащенко	Горно-разведочные и буровзрывные работы: учебник для вузов	Москва : Недра, 1989
Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"			
Э1	Электронная библиотечная система «БиблиоТех. Издательство КДУ»		
Э2	Электронно-библиотечная система «Издательство Лань» / колл. Инженерно-технические науки (ТюмГУ)		
Э3	Информационно-правовое обеспечение «Гарант». Локальная информационно-правовая система		
Э4	Электронно-библиотечная система «eLibrary» / Правообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «РУНЭБ» (RU)		
Э5	Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»		

Учебное издание

Мироненко С.В.

Методические указания

Компьютерная верстка Мироненко С.В.

Подписано в печать __.__.2022

Формат 60×90 1/16

Уч.-изд.л.1,1

Рег. №

Бумага офсетная

Печать офсетная

Тираж 100 экз.

Заказ

Отпечатано с авторского оригинала в редакционно-издательском отделе СОФ МГРИ
Старый Оскол, ул. Ленина 14/13