

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

В.В. Ильяш, Ю.Н. СТРИК

**ПРОХОДКА ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ  
ВЫРАБОТОК**

Учебное пособие для вузов

Издательско-полиграфический центр  
Воронежского государственного университета  
2008

Утверждено научно-методическим советом геологического факультета ВГУ 22 ноября 2008 г., протокол № 2

Рецензент С.П. Молотков

Учебное пособие подготовлено на кафедрах полезных ископаемых и недропользования; экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов геологического факультета Воронежского государственного университета всех форм обучения, изучающих методику и технические средства разведки твердых полезных ископаемых.

Для специальностей: 020301 – Геология; 130301 – Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ТИПЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ	5
1.1. Открытые (поверхностные) выработки	6
1.2. Подземные горные выработки	9
2. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ВЕДЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ	15
2.1. Горно-технические характеристики и классификации горных пород	15
2.2. Способы проходки горных выработок	24
2.3. Буровзрывной способ проходки горных выработок	25
2.3.1. Горнопроходческий цикл	26
2.3.2. Бурение шпуров	29
2.3.3. Машины для бурения шпуров	31
2.3.4. Типы шпуров, расчет количества шпуров, размещение шпуров на забое	37
2.3.5. Расчет длины шпуров в подземных выработках	43
3. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК	44
3.1. Понятие о взрыве и взрывчатых веществах	45
3.2. Классификация ВВ по составу компонентов	48
3.3. Промышленные (рабочие) ВВ – классификация и маркировка	57
3.4. Расчет количества ВВ	59
4. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПОДРЫВА ЗАРЯДОВ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ	61
4.1. Принцип устройства боевых зарядов	61
4.2. Способы подрыва боевых зарядов	62
4.3. Средства взрывания	63
4.4. Расчет взрывной цепи	71
4.5. Технология проведения взрыва и техника безопасности	80
4.6. Хранение ВВ	85
4.7. Транспортировка ВВ	88
5. ВЕНТИЛЯЦИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	90
5.1. Способы и схемы вентиляции	90
5.2. Оборудование и расчет вентиляции	95
6. КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	98
6.1. Горное давление	98
6.2. Материалы для изготовления рудничной крепи	100
6.3. Технологии создания крепи	101
7. ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	106
8. ВОДООТЛИВ ИЗ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	108
9. ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ И ЛИКВИДАЦИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	109
Список литературы	111

## ВВЕДЕНИЕ

«Проходка горных выработок» является разделом общей дисциплины «Техника разведки», которая изучает технические средства и способы их применения в геолого-разведочном деле. Потребности людей не ограничиваются только продуктами питания. Материальное производство направлено на все возрастающее количество и разнообразие потребления и базируется в основном на минеральных ресурсах. Последние сосредоточены в недрах, т. е. скрыты от наших глаз. Поэтому для того, чтобы обнаружить и оценить их запасы, во многих странах организована геолого-разведочная служба. Это также производство, но довольно специфическое, так как основной его продукцией является информация о недрах. В подготовке специалистов любой отрасли существуют два главных направления, составляющих суть производства или его технологии: 1) изучение системы организации работ и 2) изучение технических средств, обеспечивающих производство с необходимой экономической эффективностью. В геолого-разведочной отрасли первое – это «методы поисков и разведки», а второе – «техника разведки».

Основным продуктом геолого-разведочного производства является геологическая карта, на которой изображается структура недр изучаемой территории и дается информация о вещественном составе и полезных компонентах горных пород. Для составления геологических карт применяются три способа: 1) геологическая съемка или картирование на основе изучения естественных выходов горных пород, 2) бурение скважин, 3) проходка горных выработок. Если в первом случае применяемые технические средства не отличаются сложностью и особым разнообразием (обычно это навигационные приборы, горный компас и геологический молоток, иногда полевые лаборатории), то во втором и третьем – это уже капиталоемкое производство с применением мощных технических средств. Выбор способов картирования зависит как от целей или масштаба работ, так и от сте-

пени обнаженности горных пород. При составлении региональных карт геологи опираются главным образом на первый способ, а на этапах оценки и разведки месторождений в большем объеме приходится бурить и пробивать горные выработки. Совокупность работ, связанных с формированием горных выработок называется **проходкой**, а сами работы – **горными**.

## **1. ТИПЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ**

Горные выработки – это искусственные выемки в массиве горных пород. Назначение их может быть разным. Они применяются достаточно широко при разработке месторождений в горнодобывающей промышленности, при проведении геолого-разведочных работ, как инженерные сооружения в фортификации или при создании коммуникационных и транспортных сетей. Размеры их самые разные. Наиболее масштабные системы связанных между собой выработок при отработке уникальных месторождений, как, например, Витватерсранд в Южной Африке; протяженные системы подземных сооружений в метрополитенах многих крупных мегаполисов мира; грандиозный тоннель, созданный под дном Ла-Манша, который соединяет Англию и Францию. В данном учебном пособии рассматриваются те выработки, которые применяются в геологии при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, такие выработки называют геолого-разведочными.

Прошли времена, когда люди спотыкались на развалах рудных тел, выходящих на дневную поверхность. Теперь геологу, чтобы найти месторождение, требуется видеть глубже. Для этого существуют различные методы и технологии, но наиболее надежными остаются бурение и проходка выработок. А при отработке месторождений без горных выработок и вовсе не обойтись, при этом здесь применяются наиболее солидные по объему выемки горной массы – эксплуатационные. Если геолого-разведочные

служат геологам для кратковременного обнажения горных пород, вмещающих полезные ископаемые, то эксплуатационные – для длительного пользования уже при разработке месторождений горняками. Эксплуатационные выработки по назначению подразделяются на капитальные, подготовительные и очистные. Первые служат для обеспечения доступа к месторождению с поверхности, вторые – для подготовки его к отработке, а третьи являются собственно эксплуатационными, то есть с их помощью производится выемка полезного ископаемого. Названия горных выработок преимущественно германоязычные. В России они укоренились со времен Петра I и отражают различия между ними по ряду признаков: по отношению к дневной поверхности, по положению в пространстве относительно вектора силы тяжести, по ориентировке относительно залегания тел полезных ископаемых и вмещающих пород, по направлению перемещения забоя; по направлению перемещения грузов и т.д.

**По отношению к дневной поверхности** все горные выработки делятся на открытые (поверхностные) и подземные. Различать их можно по форме поперечного сечения. Для подземных это сечение замкнуто контуром стенок, а для открытых выработок контур поперечного сечения открыт со стороны дневной поверхности. Сам объем выработок для определения их типа при этом не имеет никакого значения. Горный карьер – огромная по объему выработка, но она открытая, так же как и мелкая закопушка, а вот даже неглубокий шурф – это уже подземная выработка.

### **1.1. Открытые (поверхностные) выработки**

К ним относятся закопушки, расчистки, канавы, траншеи, карьеры. Элементами формы выработок являются их дно (полотно) и боковые стенки. Забоем называют технологический элемент формы выработки, который перемещается по мере проходки. В шурфе это дно, в штольне – торцевая стенка, а в канаве то и другое. Размер поперечного сечения выбирается

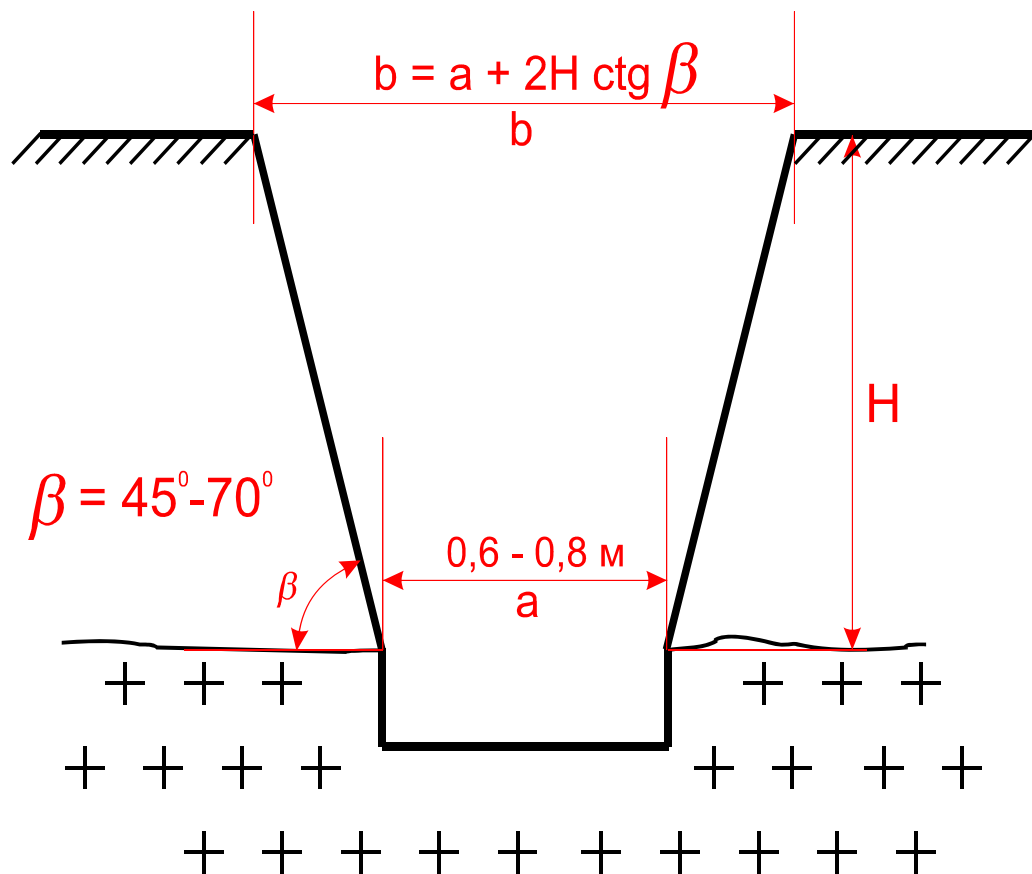
минимально возможным и определяется задачами проходки, глубиной залегания геологического объекта, устойчивостью боковых стенок и возможностью обеспечения нормальных условий ведения работ.

**Канавы** представляют собой неглубокие протяженные выработки которые широко применяются на стадии поисковых и оценочных работ для обнажения рудных тел и коренных пород, залегающих близко к поверхности. Глубина канав обычно не превышает трех метров, а длина – сотни метров. Они проходятся обычно без крепления, им придается трапециевидное (рис. 1) поперечное сечение, с наклоном стенок внутрь выработки под углом естественного откоса, обеспечивающего их устойчивость (порода со стенок не осыпается). Ширина канавы по полотну обычно 0,6 м, а на поверхности в зависимости от наклона стенок от метра и более. Угол наклона стенок зависит от степени связности пород, чем устойчивей порода, тем круче угол, следовательно, меньше объем проходки. Для глин угол естественного откоса составляет  $70^\circ$ , для песков  $50^\circ$ , для скальных пород – около  $90^\circ$ .

**Траншеи** от канав отличаются большей протяженностью, глубина их может достигать пяти метров, поэтому поперечный их профиль может быть ступенчатым, с дополнительными площадками – бермами для перевала породы. Может при этом применяться и искусственная крепь. Траншеи обычно проходятся уже на стадии оценки и разведки месторождений или их вскрытия для отработки.

**Закопушка** – самая мелкая по объему горная выработка, это небольшая ямка. Применяется обычно при картировании и для отбора проб горных пород с поверхности.

**Расчистка** – это искусственное обнажение, неглубокое, но большое по площади, форма неправильная и определяется контуром необходимого вскрытия породы. Применяется при изучении геологических структур или отбора больших по объему проб.



*Рис. 1. Типовое сечение канавы*

**Карьер** – большая по площади и глубине открытая эксплуатационная выработка неопределенной формы, зависящей от расположения и морфологии рудных тел (рис. 2). Угольные карьеры называются также **разрезами**.





*Рис. 2. Карьер Стойленского железорудного месторождения (КМА)*

## **1.2. Подземные горные выработки**

По отношению к вектору силы тяжести подземные горные выработки делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные. По направлению ведения проходческих работ различают нисходящие, когда они проходятся сверху вниз, и на восстающие, когда ведутся снизу вверх. К вертикальным относятся шурф и шахтный ствол, к горизонтальным – штольня, штрек, квершлаг и др.

### *Горизонтальные выработки*

**Штольня** – в отличие от других типов горизонтальных выработок имеет непосредственный выход на дневную поверхность, называется так независимо от направления проходки. Применяется для вскрытия объекта с поверхности в условиях расчлененного рельефа. Начало выработки – это ее устье, конец – забой, различают также кровлю, полотно и боковые стенки.

Параметры штолен могут быть различными. Длина достигает нескольких километров, форма поперечного сечения преимущественно трапециевидная или сводчато-прямоугольная.

Для штолен и других подземных горных выработок выделяют понятия: площадь поперечного сечения «вчерне» – без крепления; «в свету» – закрепленная выработка; «в проходке» – с учетом неточностей отбойки контуров горной выработки, примерно на 10 % больше сечения «вчерне». При проходке придерживаются стандартных размеров выработки в ее поперечном сечении, которому придают или форму трапеции, когда применяют деревянную крепь, или сводчато-прямоугольную при бетонной крепи (табл. 1).

Площадь поперечного сечения «вчерне» рассчитывается с учетом диаметра элементов крепи, ширины зазоров между крепью и стенками выработки (рис. 3). Поперечное сечение выбирается также из расчета применения крепи, высоты выработки, зазоров между крепью и боковыми породами, высоты и ширины откаточного оборудования, ширины свободного прохода, высоты балластного слоя. Для расчета ширины выработки по кровле и подошве и площади сечения учитываются допустимые зазоры между стенками, кровлей выработки и откаточным оборудованием, которые устанавливаются на основании требований техники безопасности и приводятся в справочной литературе.

Все горизонтальные горные выработки проходятся с некоторым подъемом (0,002–0,008) для удаления воды из выработки самотеком.

**Штрек** – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на дневную поверхность, проходимая по простиранию тел полезных ископаемых при наклонном их залегании, а при горизонтальном залегании тела – в любом направлении по протяженности месторождения (рис. 4).

Площади поперечного сечения горизонтальных горных выработок

Типовые сечения	Трапецевидная форма поперечного сечения		
	Сплошная крепь	Крепёж вразбежку с затяжкой кровли	Крепёж вразбежку с затяжкой кровли и боков
Г – 2,0	2,6	2,7	2,9
Г – 2,8	3,7	3,8	4,0
Г – 3,7	4,8	4,9	5,2

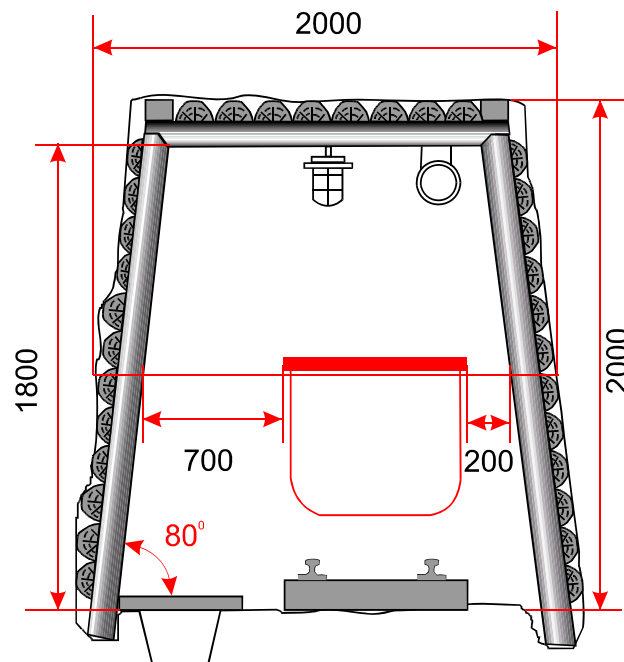


Рис. 3. Типовые размеры сечения горизонтальных подземных горных выработок трапецевидной формы

**Квершлаг** – горизонтальная выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проходящая по вмещающим породам или по телу полезного ископаемого под углом к их простиранию, чаще всего вкрест простирания.

**Орт** проходится по мощности полезного ископаемого и не выходит за его пределы.

**Рассечка** проходится из другой выработки под любым углом к телу полезных ископаемых, может выходить за его пределы. Длина обычно небольшая и не превышает 20–30 м.

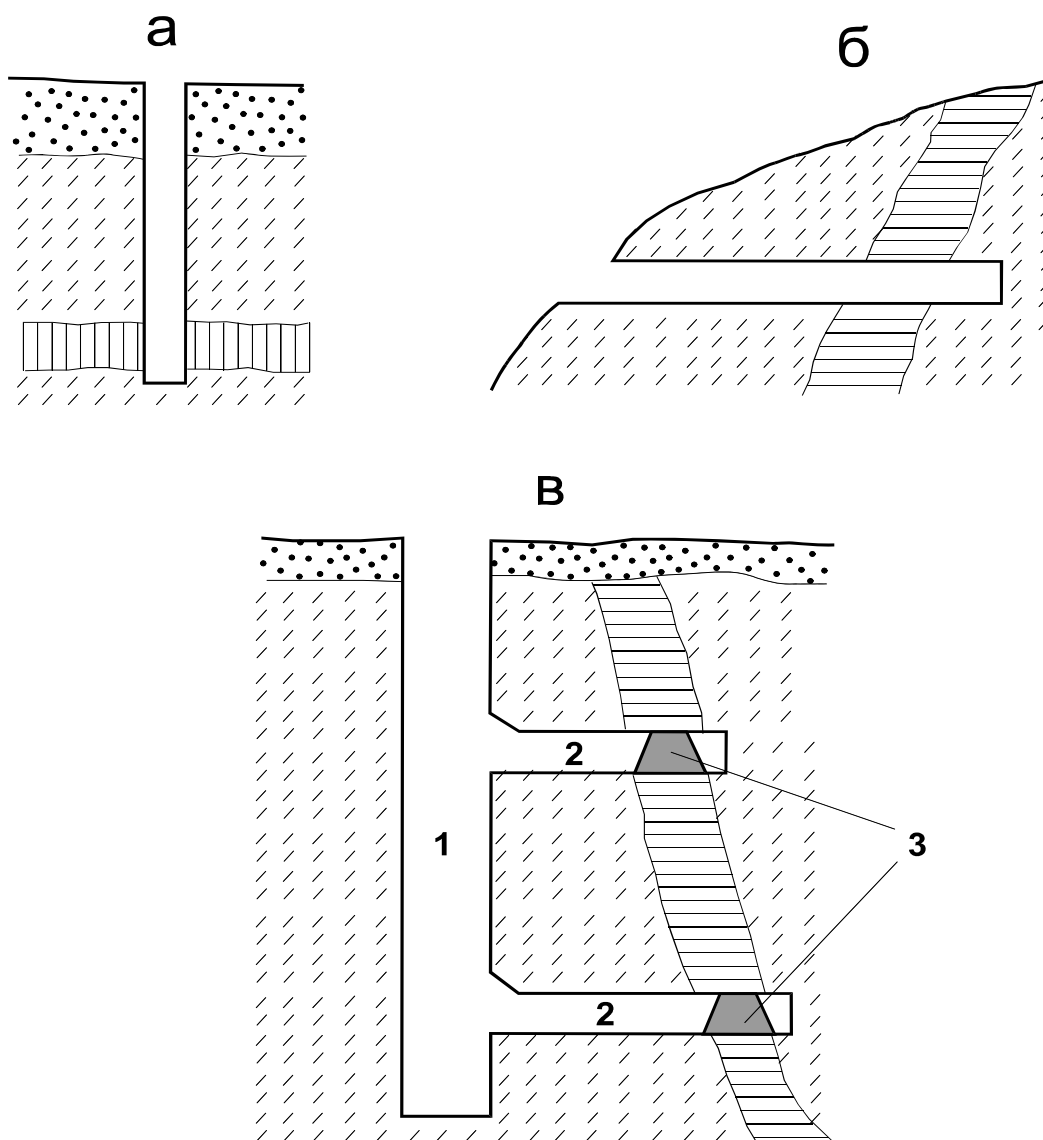


Рис. 4. Подземные горные выработки: а – шурф; б – штольня; в – шахтный ствол (1) с квершлагами (2) и штреками (3)

### Вертикальные выработки

**Шурф** – вертикальная выработка квадратного, прямоугольного или круглого сечения (шурфы круглого сечения носят название дудок), имеющая непосредственный выход на земную поверхность. Из шурфов нередко проходят горизонтальные выработки: рассечки, квершлагаи, штреки.

Имеет типовые размеры в свету и чаще всего прямоугольную форму поперечного сечения (рис. 5, 6; табл. 2). Площадь сечения шурфа в общем случае зависит от его глубины. Шурфы сечением 0,8 и 0,9 м<sup>2</sup> проходятся на глубину до 20 м, шурфы сечением 1,3 м<sup>2</sup> проходятся на глубину до 30 м,

3,2 м<sup>2</sup> предусмотрено проходить на глубину до 40 м. Площадь сечения и размеры шурфа вчерне определяются в зависимости от толщины крепи. Действительная площадь сечения в проходке несколько больше. Допускается увеличение площади в 1,04–1,12 раза.

Таблица 2

*Типовые сечения шурфов прямоугольной формы (ОСТ 41-02-206-81)*

Тип шурфа	Характеристика шурфа	Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup> и размеры, м		
		В свету	Вчерне	В проходке
I	Прямоугольный в одно отделение	0,80	1,20	1,25 м <sup>2</sup> (1,0 × 1,25 м)
I	То же	0,90	1,40	1,50 м <sup>2</sup> (1,0 × 1,50 м)
II	Прямоугольный в два отделения с подвесной лестницей	1,30	1,85	2,00 м <sup>2</sup> (1,25 × 1,60 м)
III	Прямоугольный в два отделения с деревянными лестницами	3,20	3,85	4,00 м <sup>2</sup> (2,50 × 1,60 м)

Проходческое звено, как правило, состоит из трех человек: двое на поверхности, один в шурфе, при площади поперечного сечения более 2 м<sup>2</sup> на забое могут работать двое проходчиков.

**Шахтный ствол** имеет большее, чем шурфы сечение, большую глубину. Форма сечения обычно квадратная, размером от 4–6 до 10–16 м<sup>2</sup> (в зависимости от глубины, объема работ и сроков выполнения). Имеет выход на дневную поверхность. В некоторых случаях шахтный ствол проходится из горизонтальных подземных выработок, например из штолен, и называется «слепым».

**Гезенк** в отличие от шахтного ствола не имеет непосредственного выхода на дневную поверхность, служит для спуска грузов и людей с верхнего на нижние горизонты.

## Наклонные выработки

**Уклон** проходится по падению пласта полезного ископаемого. При добыче полезного ископаемого используется обычно для подъема грузов с нижнего горизонта на верхний.

**Бремсберг** также проходится по падению полезного ископаемого, но в отличие от уклона используется для спуска грузов и людей с нижнего на верхний горизонт.

**Восстающий** – это выработка, которая не имеет выхода на дневную поверхность и проходится снизу вверх под любым углом.

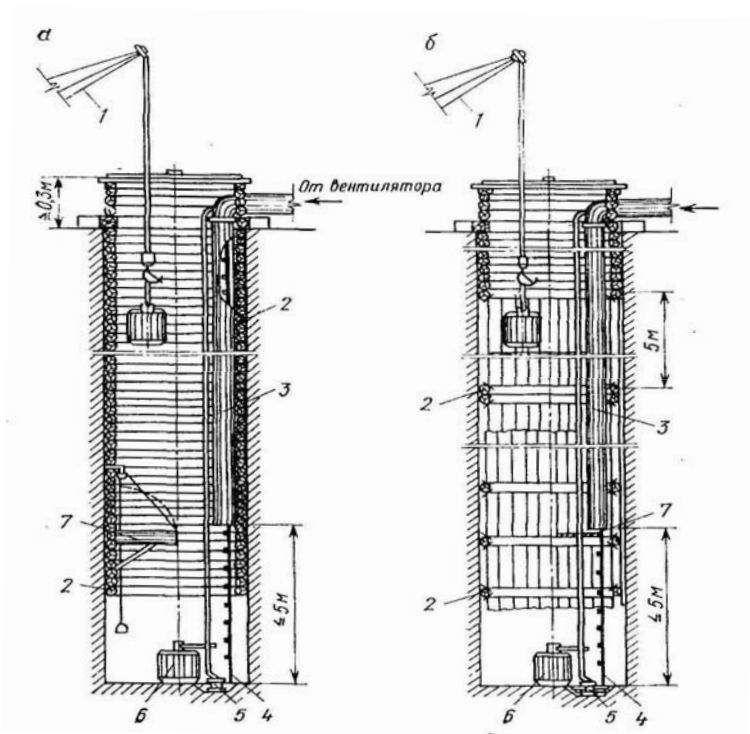


Рис. 5. Схема шурфа (проекция на вертикальную плоскость):

а – при креплении сплошной венцовой крепью; б – при креплении венцовой крепью на стойках; 1 – шурфопроходческий подъемник; 2 – венцы; 3 – вентиляционный трубопровод; 4 – подвесная лестница; 5 – насос; 6 – бадья; 7 – предохранительный полок

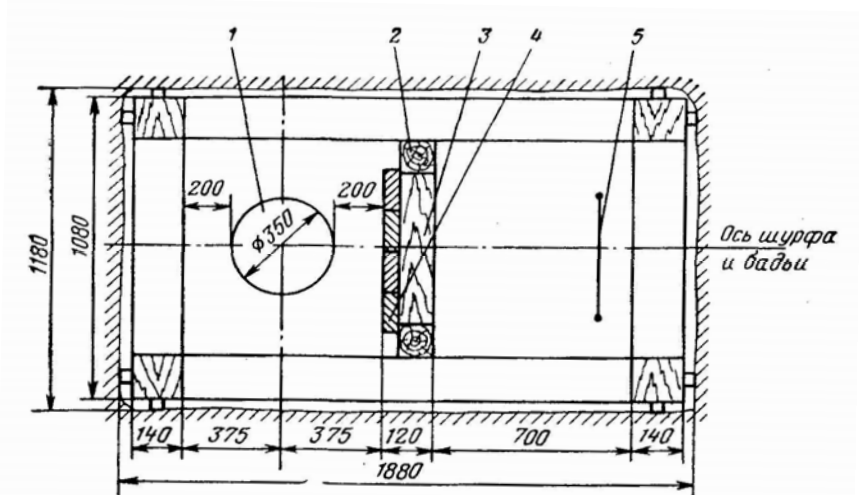


Рис. 6. Типовое прямоугольное сечение шурфа с венцовой крепью:

1 – бадья; 2 – прогоны; 3 – расстрелы; 4 – обшивка досками;

5 – подвесная лестница

## 2. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ВЕДЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ

### 2.1. Горно-технические характеристики и классификации горных пород

Физико-механические свойства горных пород являются главными факторами, определяющими выбор оборудования и технологию добычи. К наиболее существенным из этих свойств относятся крепость и устойчивость.

*Крепость* – комплексная характеристика горных пород, характеризующая их сопротивляемость разрушению и зависящая от таких свойств как твердость, вязкость, трещиноватость и от наличия прослоек и включений. Понятие крепости введено проф. М. М. Протодяконовым, который предложил для ее количественной оценки использовать коэффициент крепости  $f$ . В первом приближении величина  $f$  обратно пропорциональна пределу прочности породы при сжатии  $\sigma_{сж}$ . Поскольку коэффициент крепости связан с прочностью пород, его можно рассчитать в простейшем случае по формуле

$$f = 0,01 \sigma_{сж},$$

где  $\sigma$  – предел прочности пород при сжатии, Па, для многих пород составляет от 5 до 200 МПа.

Горные породы по сопротивляемости разрушению от воздействия внешних сил классифицируют по относительной крепости, удельной работе разрушения, буримости и взрываемости.

Классификация горных пород по крепости разработана М. М. Протодыяконовым в 1926 г. Согласно этой классификации все горные породы разбиты на 10 категорий. К первой категории отнесены породы наивысшей крепости ( $f = 20$ ), к десятой – наиболее слабые плавучие породы ( $f = 0,3$ ).

На выбор метода ведения взрывной отбойки горных пород от массива оказывает влияние *взрываемость*, под которой понимают сопротивляемость породы разрушению взрывом. Взрываемость определяется количеством эталонного взрывчатого вещества, необходимого для разрушения породы объемом  $1 \text{ м}^3$  (показатель удельного расхода ВВ). Для определения удельного расхода ВВ ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) применительно к конкретным породам используют различные классификации пород по взрываемости, например Единую классификацию пород по буримости и взрываемости проф. А. Ф. Суханова.

*Буримость* горной породы характеризует ее способность сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента и интенсивность образования в породе шпура или скважины под действием усилий, возникающих при бурении. Буримость породы характеризуют скоростью бурения ( $\text{мм}/\text{мин}$ ), реже – продолжительностью бурения  $1 \text{ м}$  шпура ( $\text{мин}/\text{м}$ ).

Единая классификация горных пород по буримости разработана Центральным бюро промышленных нормативов по труду для нормирования горно-разведочных работ. Буримость – это сопро-



тивляемость породы разрушающему действию инструмента в процессе бурения.

Основной критерий для отнесения пород к той или иной категории по буримости – машинное время бурения 1 м шпура в стандартных условиях. В этой классификации породы разбиты на 20 категорий, а по буримости классифицированы только в пределах IV–XX категорий (табл. 3). Породы I–III категорий предусмотрено разрабатывать отбойными молотками.

Другие классификации разработаны для расчета норм и различных расходных показателей применительно к отдельным производственным процессам (например, Единая классификация горных пород по буримости и взрываемости, в основу которой положены скорость бурения и удельный расход взрывчатых веществ).

*Устойчивость горных пород* – это их способность сохранять равновесие при обнажении. Устойчивость горных пород зависит от их структуры и физико-механических свойств, величины возникающих в породном массиве напряжений. Устойчивость пород является одним из основных признаков для выбора систем подземной разработки, определения ее параметров и способов крепления горных выработок.

По устойчивости горные породы условно разделены на пять групп.

Весьма неустойчивые горные породы, не допускающие обнажения кровли и боков выработки. К ним отнесены плавучие, сыпучие и рыхлые горные породы.

Неустойчивые горные породы, допускающие некоторые обнажения боков выработки, но требующие возведения крепи вслед за проведением выработки. К таким породам отнесены влажные пески, слабоцементированный гравий, обводненные или сильно разрушенные горные породы средней крепости.

Породы средней устойчивости, допускающие обнажение кровли на сравнительно большой площади, но требующие постановки крепи при длительном обнажении. Это достаточно уплотненные мягкие породы средней крепости, реже крепкие и трещиноватые.

Устойчивые породы допускают обнажения кровли и боков на большой площади, поддержание требуется только в отдельных местах. Это мягкие, средней крепости и крепкие породы.

Очень устойчивые допускают без поддержания обнажения на большой площади и длительное время (десятки лет). Крепить выработки в таких породах не требуется.

Таблица 3

*Единая классификация горных пород по буримости бурильными молотками и электросверлами для нормирования горнопроходческих работ*

Категория пород по буримости	Коэф-т крепости f	Наименование пород
I	0,1	Глина сухая, рыхлая в отвалах. Лёсс рыхлый, влажный. Песок. Супесь рыхлая. Торф и растительный слой без корней
II	0,3	Гравий. Суглинок легкий, лёссовидный. Торф и растительный слой с корнями или с небольшой примесью мелкой гальки и щебня
III	0,5	Галька размером от 10 до 40 мм. Глина мягкая жирная. Песчано-глинистые грунты. Дресва. Лед. Суглинок тяжелый. Щебень различных размеров
IV	0,8–1,0	Галька размером от 41 до 100 мм. Глина сланцеватая, моренная. Галечно-щебнистые грунты, связанные глиной. Песчано-глинистые грунты, связанные глиной. Песчано-глинистые грунты с включением гальки, щебня и валунов. Соли мелко- и среднезернистые. Суглинки тяжелые с примесью щебня. Угли весьма мягкие

V	1,2	Алевролиты глинистые, слабо сцементированные. Аргиллиты слабые. Конгломераты осадочных пород. Марганцевые окисные руды. Мергель глинистый. Мерзлые породы I–II категории. Песчаники, слабо-сцементированные с песчано-глинистым цементом. Угли мягкие. Мелкие желваки фосфорита
VI	1,6	Гипс пористый. Доломиты, затронутые выветриванием. Железная руда – синька. Известняки оталькованные. Мерзлые породы III–V категорий. Меловые породы мягкие. Мергель неизменный. Руды охристо-глинистые с включением желваков бурого железняка до 50 %. Пемза. Сланцы углистые. Трепел. Угли средней крепости с ясно выраженными плоскостями напластования
VII	2,0	Алевролиты плотные глинистые. Гипс плотный. Глины песчанистые. Доломиты неизменные. Мартитовые руды мягкие. Ил плотный мелководный. Конгломераты осадочных пород с известково-глинистым цементом. Мергель известковистый. Опоки тонкозернистые. Сильвиниты с прослойками каменной соли. Сланцы сильновыветрелые: аспидные, хлоритовые, слюдистые. Сланцы охристые и углистые с прослойками глины. Соль каменная с мергелистыми прослойками и включением ангидрита. Солончак плотный. Угли выше средней крепости
VIII	2,0–3,0	Антрациты и другие крепкие угли. Аргиллиты средней плотности. Глины отвердевшие. Железные руды – мягкие. Змеевики с включением асбеста. Колчеданы зоны выщелачивания. Карналлит. Ракушечник. Свинцово-цинковые окисленные руды. Сильвиниты мелкокристаллические. Сланцы: метаморфизованные хлоритовые; кальцито-хлоритовые; глинистые, углисто-глинистые, слабые песчанистые. Туфы выветрелые. Мерзлые породы VI–VII категорий

IX	3–4	Алевролиты песчано-глинистые. Антрациты плотные и весьма крепкие вязкие угли. Совершенно выветрелые каолинизированные: граниты, гранодиориты, диориты. Диабазы совершенно выветрелые. Выветрелые железные руды пористые, известняки мергелистые. Лимониты. Мел плотный. Песчаники выветрелые каолинизированные и глинистые крупнозернистые. Совершенно выветрелые каолинизированные порфириты, сиениты. Соль калийная. Туфы, затронутые выветриванием
X	4	Апатитовая сахаровидная руда. Брекчии рудные. Граниты сильновыветрелые. Гипсоангидрит. Дуниты сильновыветрелые. Руды бурожелезняковые оолитовые. Змеевики сильновыветрелые. Известняки мергелистые средней крепости. Конгломераты с глинистым цементом. Перидотиты сильновыветрелые. Песчаники с глинистым цементом. Сланцы глинистые, кристаллические: слюдяные серицитовые и талькохлоритовые углистые и горючие. Сульфидно-медно-никелевые руды. Фосфориты слабощементированные желваковые. Церусситовые руды
XI	5–6	Алевролиты с включением кварца. Амфиболиты выветрелые. Аргиллиты плотные. Березиты выветрелые. Бокситы слабоуплотненные. Брекчии джаспероиднокварцевые и роговиковые кварцевые, в значительной степени раздробленные. Гнейсы биотитовые и пироксеновые разрушенные. Сильновыветрелые граниты, гранодиориты, диабазы. Дуниты выветрелые. Руды гематитовые и мартитовые. Змеевики выветрелые. Известняки крупнозернистые, мраморизованные, доломитизированные. Кварциты выветрелые минерализованные. Колчеданные руды выветрелые. Марганцевые руды крупнозернистые. Перидотиты выветрелые. Песчаники с известковым цементом. Роговики выщелоченные, железистые. Сланцы известково-хлоритовые, известково-глинистые, серицитовые и кварцево-серицитовые, амфиболовые, плотные глинистые. Сульфидные свинцово-цинковые и медно-никелевые руды. Туфы альбитофировые. Филлиты неокварцованные

Продолжение табл. 3

<p>XII</p>	<p>6–7</p>	<p>Выветрелые андезиты. Апатито-нефелиновая руда. Аргиллиты весьма плотные. Ангидриты. Базальты, затронутые выветриванием. Березиты слабыветрелые. Бокситы плотные. Выветрелые габбро, гнейсы, граниты, диабазы. Диориты выветрелые крупнозернистые. Доломиты плотные. Дуниты сильносерпентинизированные. Кварцево-турмалиновые выветрелые породы и кварцевые жильные породы с прожилками сульфидов. Змеевики неизмененные. Известняки среднезернистые плотные доломитизированные. Кварцево-карбонатные породы. Кварциты слабыветрелые минерализованные. Медноколчеданные руды. Конгломераты с галькой из изверженных пород с известковым цементом. Липариты сильновыветрелые. Песчаники аркозовые медистые. Полиметаллические руды среднезернистые. Порфиры сильновыветрелые кварцевые. Роговики пироксено-плагиоклазовые. Выветрелые сиениты, скарны. Сланцы бескварцевые; хлоритовые, хлоритосерицитовые, крепкие глинистые. Фосфориты пластовые. Слабо хромитовые руды в серпентинитах</p>
<p>XIII</p>	<p>8–9</p>	<p>Амфиболиты среднезернистые. Андезиты крупнозернистые выветрелые. Березиты невыветрелые. Габбро крупнозернистые выветрелые. Слабыветрелые граниты, гранодиориты, диабазы. Диориты выветрелые среднезернистые. Железные руды магнетитовые и мартитовые плотные. Змеевики плотные. Известняки мелкозернистые доломитизированные и слабоскарнированные. Кварциты крупнозернистые выветрелые. Кератофиры оруденелые кварцевые. Колчедан медный. Липариты выветрелые крупнозернистые. Магнетиты мелкокристаллические. Мончикиты выветрелые. Руды пентландитовые и пироксеновые медно-никелевые. Песчаники медистые, мелкозернистые с известково-кремнистым цементом. Пироксены оруденелые. Руды полиметаллические с кварцем. Порфиры выветрелые крупнозернистые. Руды сульфидные массивные. Хромитовые руды в серпентинитах</p>

XIV	9–10	Андезиты среднезернистые выветрелые. Березиты плотные. Габбро измененные. Крупнозернистые: гнейсы, граниты, гранодиориты. Джаспероиды дробленые и интенсивно трещиноватые. Диабазы крупнозернистые магнетито-гематитовые
XIV a	11–12	Змеевики весьма плотные. Известняки тонкозернистые баритизированные плотные. Кварцевые золотоносные жилы с большим содержанием сульфидов. Кварциты трещиноватые минерализованные. Меднопорфировые крупнозернистые руды. Опоки кремнистые. Пегматиты слюдистые оловосодержащие. Перidotиты слабыветрелые. Песчаники плотные среднезернистые. Пироксениты измененные. Порфиры выветрелые среднезернистые кварцевые. Роговики оруденелые. Сиениты среднезернистые. Скарны слабыветрелые. Липариты выветрелые среднезернистые. Магнетиты окварцованные. Сланцы окварцованные: глинистые, углисто-глинистые, слюдистые, хлоритовые, серицитовые, крепкие глинистые, песчанистые, филлиты. Сульфидные магнетитовые руды. Титано-магнетитовые руды крупнозернистые. Туфопесчаники. Плотные хромитовые руды в серпентинитах
XV	13–15	Альбитофиры неизмененные. Амфиболиты мелкозернистые. Березиты окварцованные золотосодержащие. Среднезернистые: граниты, гранодиориты. Джаспероиды трещиноватые. Джеспилиты, затронутые выветриванием. Диабазы среднезернистые. Доломиты окварцованные. Руды рассланцованные магнетитовые, гематитовые и окремнелые бурые железняки. Мраморы. Кварц жильный трещиноватый. Кератофиры неизмененные. Колчедан окварцованный. Конгломераты из галек изверженных пород с кремнистым цементом. Руды браунит-псиломелановые. Мончикиты, не затронутые выветриванием. Пироксениты оловорудные. Руды полиметаллические мелкозернистые с преобладанием пирита. Гранит-порфиры весьма плотные мелкозернистые кварцевые. Руды свинцово-цинковые и сурьмяные с прожилками кварца. Скарны с оруденением. Сланцы аспидные. Туфы порфировые. Туффиты известковые пористые. Туфобрекчии альбитофиров. Филлиты

XVI	16–17	<p>Альбитофиры кварцевые. Базальты пористые. Габбро среднезернистые. Габбро-амфиболиты. Среднезернистые гнейсы. Диориты с включением рудных минералов. Дуниты среднезернистые. Магнетитовые руды с включением скарновых минералов. Известняки сильноокварцованные. Кварцево-турмалиновые породы и кварцевые жилы с небольшим содержанием сульфидов. Кварциты мелкозернистые. Кварциты вторичные с прослойками железной руды. Колчеданы сильноокварцованные. Липариты мелкозернистые. Руды браунитовые. Перидотиты среднезернистые. Песчаники кремнистые. Порфиры среднезернистые, кварцевые. Роговики гидрогематитовые. Порфириты среднезернистые. Сидериты окремненные. Скарны гранато-пироксеновые. Фосфориты окремненные. Хромитовые руды мелкозернистые</p>
XVII	16–17	<p>Альбитофиры плотные кварцевые. Базальты среднезернистые. Мелкозернистые: габбро, граниты, гранодиориты. Грейзены среднезернистые. Джаспериоды сильно окремненные. Джеспилиты плотные. Диабазы мелкозернистые. Диориты окварцованные. Дуниты плотные. Руды мелкозернистые магнетитогематитовые. Змеевики окремненные. Известняки кремнистые. Кварц жильный без сульфидов. Микрокварциты с сульфидами. Колчеданы тонкозернистые окварцованные. Пегматиты слабые. Песчаники кремнистые плотные. Порфиры очень плотные кварцевые. Роговики с кварц-турмалиновыми прожилками. Сиениты плотные и нефелиновые. Скарны да-толитогеденбергитовые. Сланцы кремнистые. Трахиты среднезернистые. Яшмы плотные</p>

XVII а	17–18	Андезиты плотные. Базальты мелкозернистые. Гнейсы биотитовые, биотит-гранатовые и пироксеновые окварцованные. Грейзены кварцевые. Мелкозернистые диориты. Кварцевые брекчии с кварцевым цементом. Микрокварциты с прожилками кварца. Кератофиры мелкозернистые. Песчаники плотные кварцитовидные. Сиенит-порфиры. Порфиры кварцевые. Порфириты мелкозернистые весьма плотные. Роговики железистые. Сиениты весьма плотные мелкозернистые. Скарны мелкозернистые. Сланцы яшмовые кремнистые. Титаномагнетитовые руды мелкозернистые. Трахиты мелкозернистые, весьма плотные. Яшмы весьма плотные
XIX	18–19	Альбитофиры сильно окварцованные мелкозернистые. Весьма плотные: андезиты, базальты. Микрограниты. Джеспилиты очень плотные. Весьма плотные: диабазы, диориты. Руды плотные гематитовые. Микрокварциты неизменные. Колчеданные мелкозернистые сильно окварцованные, брекчиевидные руды. Песчаники неизменные кварцитовидные. Порфиры весьма плотные, совершенно не затронутые выветриванием. Роговики весьма плотные железистые. Скарны окремненные
XX	20	Титано-магнетитовые руды весьма плотные. Яшмы неизменные. Неизменные сливные: андезиты, джеспилиты. Базальты. Железные руды неизменные гематитовые сливные. Кварц сливной. Кремень. Микрокварциты очень плотные сливные. Микрограниты. Роговики магнетитороговообманковые и магнетитовые. Скарны интенсивно окремненные. Титаномагнетитовые неизменные сливные руды. Яшмы в высшей степени плотные сливные

## 2.2. Способы проходки горных выработок

Проходка горных выработок – трудоемкий процесс. Специфика геолого-разведочных работ в том, что они ведутся преимущественно в условиях с недостаточно развитой инфраструктурой или при ее полном отсут-



ствии. Проходка горных выработок может осуществляться тремя основными способами: 1) механизированным с применением специальных землеройных машин; 2) вручную с применением шанцевого инструмента; 3) с применением буровзрывных работ.

Способы проходки выбирают в зависимости от геологических и географо-экономических условий и масштабов проходческих работ. Геологические параметры сводятся к физико-механическим характеристикам горных пород, мощности покровных отложений и стадии геолого-разведочных работ, определяющей масштабы и интенсивность работ.

Механизированный способ проходки возможен в мягких, сыпучих, вязких трещиноватых горных породах (I–V категорий) и предусматривает использование экскаваторов, бульдозеров, скреперов и некоторых других агрегатов. Наиболее целесообразен на стадии поисков и разведки с относительно большими объемами проходческих работ.

Проходка вручную осуществляется при небольших объемах работ или при невозможности применения землеройных машин в рыхлых, мягких и трещиноватых горных породах. В некоторых случаях возможна проходка вручную в крепких трещиноватых или слоистых породах с применением клиньев.

В твердых породах категорий VI–XX и мерзлых породах всех категорий проходка горных выработок осуществляется с применением буровзрывных работ.

### **2.3. Буровзрывной способ проходки горных выработок**

При разведке месторождений буровзрывные работы наиболее широко используют в процессе проведения горных выработок, реже БВР применяют в геолого-разведочных партиях при прокладке наземных транспортных трасс в гористой местности и при сооружении производственных площадок, с которых осуществляют разведочное бурение или проводят

подземные горные выработки. Эти работы наиболее распространены при отбойке пород средней и выше средней крепости (коэффициент крепости  $f > 2$ ). Назначение буровзрывных работ – предварительное рыхление скальных пород.

*Буровзрывные работы (БВР) – это комплекс взаимосвязанных технологических процессов, выполняемых с целью отбойки и дробления скальных горных пород при проходке горных выработок. БВР состоят из нескольких последовательных процессов: бурение шпуров (скважин), размещение в них зарядов ВВ (заряжание) и взрывание этих зарядов.*

Скважины предназначены для размещения зарядов ВВ.

Шпур представляет собой искусственное цилиндрическое углубление (канал) в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м. Скважиной называют канал цилиндрической формы любого диаметра глубиной более 5 м или любой глубины диаметром более 75 мм.

Взрывные работы – это работы по заряжанию и взрыванию зарядов взрывчатых веществ (ВВ).

Заряжением называют процесс размещения заряда в зарядной камере, взрыванием – процесс производства взрыва заряда ВВ.

### ***2.3.1. Горнопроходческий цикл***

Технологический комплекс проходки горной выработки включает совокупность отдельных процессов и операций, которые выполняются в определенной последовательности.

В состав работ на забое входят: основные проходческие операции; взрывные работы и вентиляция; составление геологической документации.

Основные проходческие операции включают: бурение шпуров; уборку породы; крепление горной выработки; вспомогательные операции (монтаж оборудования, устройство освещения, водоотвод, настилка путей и др.).

Все эти работы выполняются в определенной последовательности горнопроходческой бригадой.

**Горнопроходческий цикл** – это повторяющаяся совокупность основных проходческих операций, выполняемых в определенной последовательности между двумя взрывными отбойками породы в забое горной выработки.

Интервал горной выработки, который проходится за один горнопроходческий цикл, называется «**заходка**».

От длины заходки будет зависеть скорость проходческих работ. Короткие заходки снижают производительность работ, но их длина ограничена шириной выработки. Кроме того, она ограничена и длительностью рабочей смены. Чтобы обеспечить эффективность работ, необходимо учесть все выше обозначенные ограничения и условия. Однако в конечном счете производительность труда будет зависеть от того насколько полно в течение смены будут задействованы все члены проходческой бригады. Этого можно достичь такой организацией труда, когда отдельные так называемые «непроизводительные» операции проходческого цикла будут выполняться между сменами или циклами в пределах смены. К таким операциям можно отнести зарядку и взрывание, вентиляцию, в некоторых случаях крепление горной выработки. При этом возможно совмещение операций цикла, а также и совмещение разных видов работ отдельными членами бригады при неполной их занятости. В практике горных работ наиболее распространены схемы организации, в которых предусмотрено выполнение одного цикла в смену. Длина заходки, при которой продолжительность горнопроходческого цикла равна или кратна продолжительности смены называется **рациональной длиной заходки**.

Такая длина заходки обеспечивает максимальную производительность труда.

Для канав, в которых все работы укладываются в один цикл, расчет рациональной длины заходки не производится, он производится для подземных выработок, проходка которых осуществляется в течение ряда циклов.

Расчет длительности одного цикла производится на основании утвержденных норм выработки по каждой операции проходческого цикла [2]. При этом вначале определяют суммарную длительность производительных работ по их видам из расчета длины заходки, равной одному метру стандартного сечения выработки (шурф или штольня), а далее берут отношение общих затрат труда всей бригады (точнее тех ее членов, которые могут работать одновременно на забое в течение цикла) к сумме затрат труда, определяемых по нормам на один погонный метр выработки:

$$L=m*n/Q,$$

где  $L$  – рациональная длина заходки, м;

$m$  – продолжительность смены, час;

$n$  – число рабочих на забое;

$Q$  – затраты труда на проходку одного метра выработки стандартного сечения, чел/час.

В шурфе на забое может работать только один человек, в горизонтальных выработках из расчета  $2 \text{ м}^2$  на человека. Длительность рабочей смены принимается равной 6 часам в подземных (при глубине более трех метров).

Надо иметь в виду то обстоятельство, что разные породы будут проходить с разной длиной заходки – чем тверже порода, тем короче будет заходка и наоборот. Поэтому при проектировании работ это необходимо учитывать: или проводить отдельные расчеты, или делать их усредненными.

Для наглядного отображения организации работы строится график цикличности, на котором показывается последовательность проведения отдельных операций в пределах одного цикла и рабочей смены и их длительность (рис. 7).

### 2.3.2. Бурение шпуров

В горном деле заряды размещаются в специальных горных выработках, чаще всего в специальных скважинах. При диаметре скважин до 75 мм и глубине до 5 м их называют *шпурами*, при более значительных размерах – взрывными скважинами; относительно редко ВВ размещают непосредственно в специальных горных выработках, называемых минными.

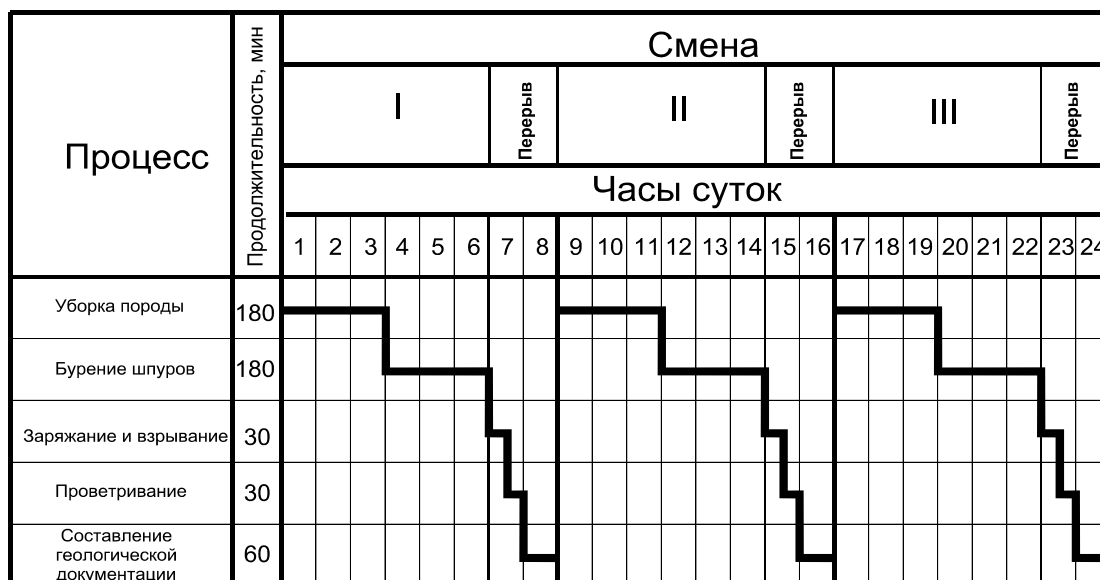


Рис. 7. График циклической организации работ

Определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву, называют зарядом. В зависимости от типа пространства различают следующие их типы:

- 1) в шпурах (шпуровые заряды);
- 2) во взрывных скважинах (скважинные заряды);
- 3) в минных выработках (камерные заряды).

При проведении геолого-разведочных выработок взрывная отбойка горных пород почти во всех случаях осуществляется с использованием шпуровых зарядов.

При горно-разведочных работах производству взрывной отбойки предшествует в основном бурение шпуров. По мере увеличения крепости пород процесс БВР усложняется – возрастают энергоёмкость и время, затрачиваемое на бурение, увеличивается объём буровых работ вследствие

того, что появляется необходимость размещения в зарядных камерах все большего количества ВВ. Естественно, что в этих условиях растет и стоимость производства буровзрывных работ. Время бурения шпуров составляет от 40 до 60 % общего времени проходческого цикла. Поэтому выбор бурового оборудования существенно влияет на скорость проведения горных выработок.

Процесс бурения, осуществляемый различными способами, включает две, как правило, совмещаемые во времени операции: отделение от забоя, сопровождаемое разрушением породы, и удаление из шпура или скважины горной мелочи (буровой шлам). В условиях геолого-разведочных работ породу при бурении разрушают с помощью передачи на забой шпура (скважины) через буровой инструмент механических нагрузок. Этот вид бурения называют механическим. При механических способах бурения на забой передаются сжимающие нагрузки, вызывающие в породе напряжения сжатия, которые трансформируются в напряжения сдвига, среза, растяжения. Когда величина этих напряжений превышает предел прочности, порода на забое разрушается.

Вторая операция – удаление шлама из шпура (скважины) – осуществляется водой, воздушной струей или механически.

На горно-разведочных работах применяют механические способы бурения шпуров и скважин. При механических способах бурения порода разрушается твердым породоразрушающим инструментом. Механические способы бурения подразделяют на ударно-поворотный, ударно-вращательный, вращательно-ударный и вращательный.

Ударно-вращательный способ бурения характеризуется тем, что удары наносят по непрерывно вращающемуся буровому инструменту, разрушающему забой шпура. Данный способ может применяться при крепости пород  $f = 6-20$ .

Вращательно-ударный способ бурения сочетает вращательный и ударный способы. Коронке, находящейся под давлением, придается независимое вращение и одновременно по ней наносятся удары. Разрушение породы происходит за счет ее скалывания при вращении коронки. Этот способ бурения целесообразно использовать в породах крепостью  $f = 4-14$ .

При вращательном бурении разрушение забоя шпура производится за счет сжатия, раздавливания и скалывания лезвиями инструмента (резца), вращающегося при одновременном действии осевого давления. Вращательное бурение может применяться в породах крепостью  $f < 12$  в зависимости от типа бурильной машины вращательного действия.

Ударно-поворотный способ бурения характеризуется тем, что порода разрушается в результате последовательных ударов по забою шпура бурового инструмента (штанги и буровой коронки), совершающего возвратно-поступательные движения. Перед каждым следующим ударом инструмент поворачивается на некоторый угол, чем обеспечивается разрушение породы по всей площади шпура. Этот способ бурения может использоваться для пород крепостью  $f = 4 \sim 20$ .

В некоторых случаях в труднодоступных районах, куда трудно доставить технику и при малом объеме работ в породах V–XIII категорий применяется ручное бурение шпуров. Ручное бурение бывает только ударно-поворотным.

### ***2.3.3. Машины для бурения шпуров***

Шпуры бурят с использованием компактных, транспортабельных бурильных машин относительно небольшой мощности. Эти особенности бурильных машин обеспечивают удобство их эксплуатации в горных выработках; в условиях разведки месторождений они облегчают перевозку

оборудования к месту производства работ и позволяют бурить шпуры при небольшой энерговооруженности.

Бурильные машины оборудуют индивидуальными силовыми приводами – пневматическими, электрическими или встроенными в корпус двигателями внутреннего сгорания.

При значительных объемах бурения шпуров в определенных горно-геологических условиях становится целесообразным использование более мощного и производительного оборудования – бурильных установок, имеющих пневматические или электрические силовые приводы.

Исходя из рассмотренных выше способов бурения шпуров бурильные машины разделяют на следующие классы:

- 1) ударно-поворотного действия – перфораторы;
- 2) вращательного действия – сверла;
- 3) вращательно-ударного действия – колонковые перфораторы и бурильные головки, монтируемые преимущественно на специальных бурильных установках.

При разведке месторождений полезных ископаемых шпуры в подавляющем большинстве случаев бурят перфораторами и сверлами. В геолого-разведочных партиях наиболее распространены *пневматические перфораторы*. В особых условиях проведения горных выработок при отсутствии достаточно мощных энергетических источников применяют перфораторы с двигателями внутреннего сгорания, называемые мотоперфораторами (бензоперфораторы).

Пневматический перфоратор представляет собой поршневую машину ударно-поворотного действия. По конструктивным особенностям механизма поворота различают перфораторы с зависимым и независимым приводами; по способу применения – переносные, телескопные и колонковые; по массе – легкие (до 18 кг); средние – (20–25 кг) и тяжелые (> 30 кг).



Пневматические перфораторы массой до 33 кг называют переносными. Пневматические *переносные перфораторы* – ПП предназначены для бурения шпуров диаметром 30–50 мм в забоях горизонтальных и наклонных (нисходящих) выработок (табл. 4). Бурение шпуров переносными перфораторами осуществляется с использованием простейших поддерживающих устройств (пневмоподдержек) или ручной подачей (поэтому переносные перфораторы ранее назывались ручными). Переносные перфораторы применяют в подземных и открытых горных выработках для бурения горизонтальных, наклонных и направленных вниз шпуров.

В подземных выработках для бурения направленных вверх шпуров применяют *телескопные перфораторы* (ПТ). Масса телескопных перфораторов, используемых в геолого-разведочных выработках, достигает 50 кг. *Телескопные перфораторы* представляют собой конструктивно единое целое перфоратора и пневмоподдержки, соединенных между собой стяжными болтами. Перфораторы этого типа предназначены для бурения восстающих шпуров и скважин, диаметром до 85 мм.

*Колонковые перфораторы*, имеющие значительную мощность и массу 100 кг и более, используют для бурения шпуров и скважин в крепких породах диаметром до 40–85 мм в горизонтальных выработках. Их устанавливают на специальных распорных колонках, манипуляторах или буровых каретках. Подача колонковых перфораторов на забой производится автоматическими винтовыми или цепными податчиками.

*Мотоперфораторы* используют для бурения нисходящих или наклонных шпуров преимущественно в процессе проходки открытых горных выработок. Масса мотоперфораторов составляет 30 кг.

Менее распространены при проведении разведочных выработок сверла, основная причина этого – затрудненность или невозможность бурения шпуров в крепких породах. *Электрические сверла* разделяют на ручные (масса до 24 кг) и колонковые, монтируемые на распорных

колонках, манипуляторах или буровых каретках (масса колонковых электрических сверл достигает 130 кг).

*Пневматические сверла* практически не применяют при проведении горных выработок в процессе геолого-разведочных работ, они используются в основном на угольных шахтах, в выработки которых выделяются горючие газы и пыль, образующие с воздухом взрывоопасные смеси.

*Сверла с двигателями внутреннего сгорания* (мотобуры) применяют при проведении открытых горных выработок в мягких некрепких породах; эти ручные бурильные машины имеют массу до 15 кг.

При больших объемах проходческих работ, осуществляемых в крепких породах, в процессе проведения подземных горизонтальных выработок применяют мощные пневматические машины вращательно-ударного действия, монтируемые на бурильных установках.

Общий вид переносного перфоратора представлен на рис. 8. В табл. 4 приведены характеристики переносных перфораторов.

Буровой инструмент для ударно-поворотного бурения шпуров состоит из штанги и съемной буровой коронки (рис. 9, 10). Штанги буров изготавливают из пустотелых стальных стержней шестигранного или круглого профиля длиной от 400 до 3000 мм, диаметром 32–46 мм.

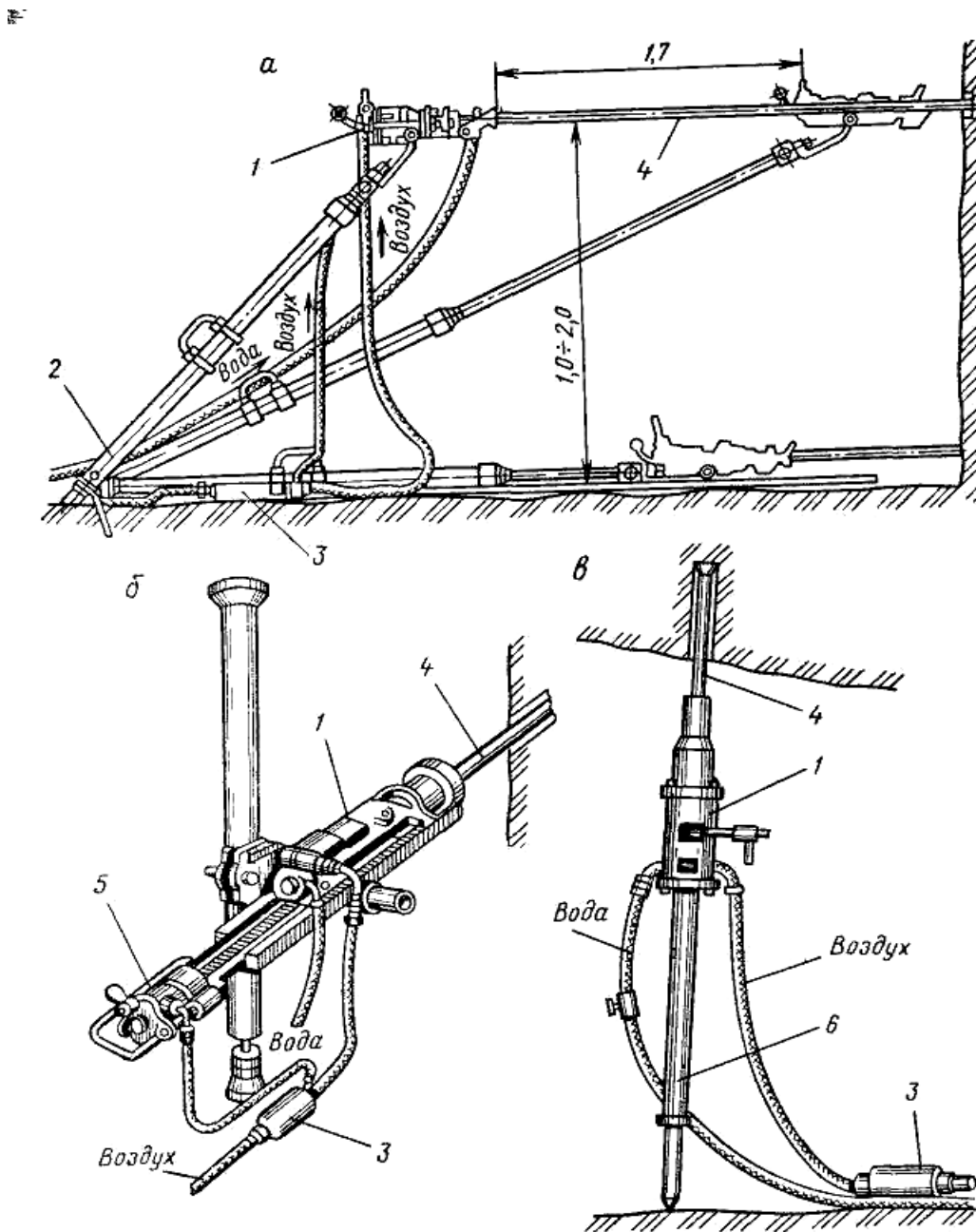


Рис. 8. Типы пневматических перфораторов: а – переносной на пневмоподдержке, б – колонковый, в – телескопный; 1 – перфоратор; 2 – пневмоподдержка; 3 – масленка; 4 – буровая штанга; 5 – автоподатчик; 6 – пневмоподатчик. Размеры даны в метрах

## Технические характеристики пневматических перфораторов

Марка перфоратора	Масса, кг	Энергия удара, Дж	Частота ударов, мин <sup>-1</sup>	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	Глубина бурения, м	Усилие подачи, Н
Переносные						
ПП36В	29,4	36	2300	2,8	2–4	0–1200
ПП54В	30,5	54	2300	3,5	2–4	0–1200
ПП63В	33,0	63	1800	3,5	2–4	0–1200
Телескопные						
ПТ-29М	38	50	2400	3,3	До 8	1000–2000
ПТ-36М	47	90	2600	4,5	До 15	1000–2000
Колонковые						
ПК-60	60	90	2500	9,0	До 25	До 7000
ПК-75	75	150	2600	13,0	До 50	До 10000

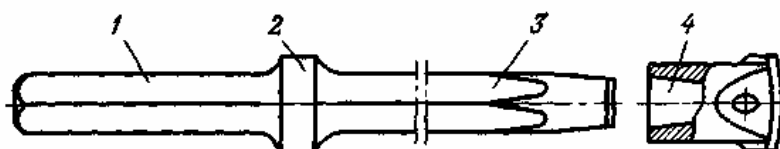


Рис. 9. Бур для перфоратора: 1 – штанга, 2 – коронна

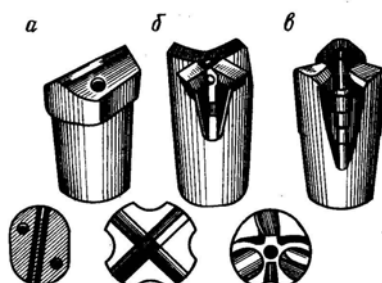


Рис. 10. Типы буровых коронок для перфоратора: а – долотчатая;

б – крестовая; в – трехлопастная

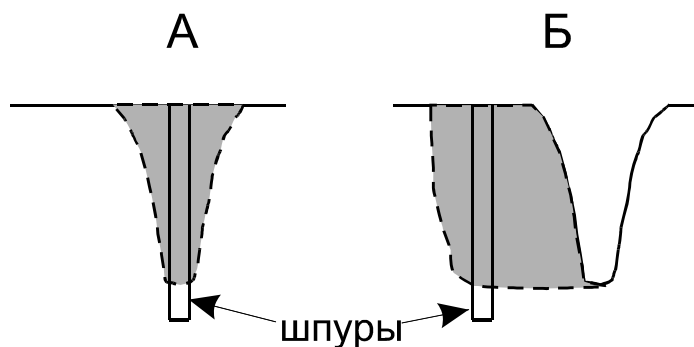
### ***2.3.4. Типы шпуров, расчет количества шпуров, размещение шпуров на забое***

При проведении горных выработок шпуровым методом выделяют следующие основные параметры взрывной отбойки: число шпуров, их глубину и диаметр, коэффициент использования шпура и удельные расходы ВВ.

#### *Типы шпуров по назначению*

При проходке горных выработок в твердых породах важно правильно определить количество шпуров, расположить их на забое и соблюдать определенную последовательность при их взрывании.

Действие ВВ на горную породу в значительной степени отличается при условии одной или нескольких обнаженных поверхностей на забое (рис. 11).



*Рис. 11. Действие шпурового заряда ВВ при одной (А) и двух (Б) обнаженных поверхностях*

Наличие дополнительной обнаженной поверхности способствует большему эффекту взрыва по сравнению с первым случаем. Поэтому при проходке многих горных выработок на забое создается вруб – первичное углубление, которое дает дополнительное обнажение поверхности и ослабляет породу.

Различают врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры.

***Врубовые*** шпуры предназначены для создания дополнительной обнаженной поверхности, облегчающей полезную работу другим – отбой-

ным – шпурам. Они всегда взрываются первыми. Количество врубовых шпуров обычно 3–6 штук в зависимости от крепости пород. В некоторых случаях в очень крепких породах в центре забоя бурятся 1-2 холостых шпура, которые не имеют заряда и играют роль дополнительной обнаженной поверхности.

Схема размещения и ориентировка врубовых шпуров на забое называется *типом вруба*.

По принципу действия врубы разделяются на отрывающие (клиновые, пирамидальные), в которых шпуры наклонены к оси выработки и разрушающие (прямые, призматические, щелевые) с ориентировкой шпуров параллельно оси выработки (рис. 12).

Врубы первой группы более распространенные, но их глубина лимитируется шириной выработки (В):

$$l_{\text{вн}} = (0,7 - 0,9)В.$$

Углы наклона зависят от крепости пород. Породы с коэффициентом крепости по Протодяконову 15–20 бурятся с максимальным наклоном –  $60^\circ$ , менее крепкие (15–5) –  $65^\circ$  и от 1 до 5 с углом не более  $70^\circ$ .

Шпуры второй группы позволяют осуществлять заходки большей величины:

$$l_{\text{вн}} = (1,1 - 1,3)В.$$

Расстояние между отбойными несколько больше, чем между врубовыми, так как последние работают в более трудных условиях (монолитный массив пород). Отбойные шпуры в свою очередь, хотя и могут взрываться одновременно, по своему расположению делятся на вспомогательные и оконтуривающие. Первые расположены ближе к врубовым и расширяют вруб, а задача оконтуривающих шпуров – обеспечить сохранение заданных параметров сечения горной выработки. Для этого в крепких породах они бурятся с наклоном с выходом нижней части за пределы контура выработ-

ки, в средних же по крепости породах они могут буриться вертикальными или наклонными, но при этом остаются в контуре выработки.

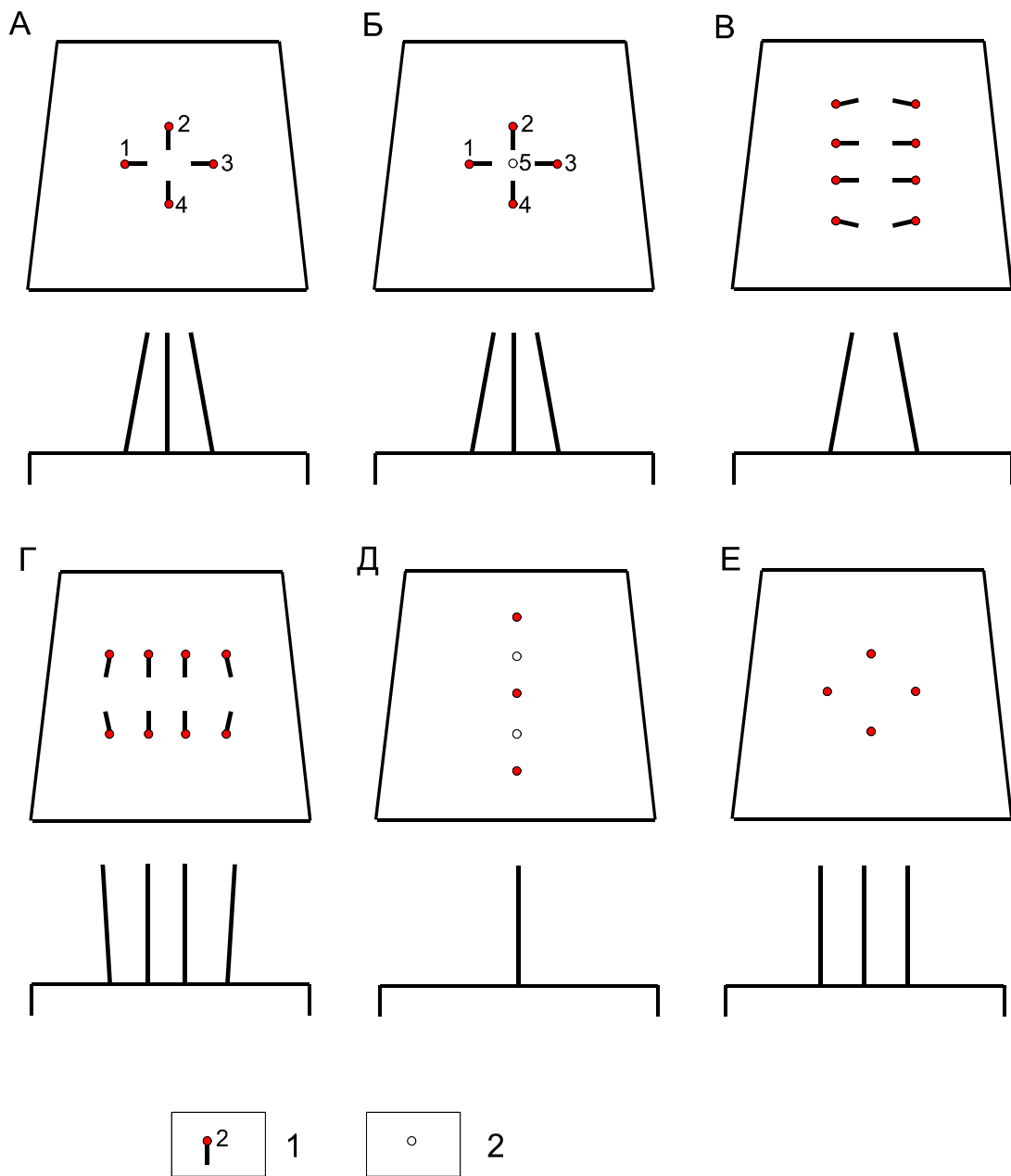


Рис. 12. Примеры типов врубов: А – пирамидальный; Б – пирамидальный с центральным холостым; В – клиновый вертикальный; Г – клиновый горизонтальный; Д – целевой; Е – призматический. 1 – заряженный шпур; 2 – холостой шпур

На основе практических данных установлена область применения различных врубов. В массивных породах наиболее эффективным является

пирамидальный вруб в центральной части забоя. Клиновый вруб применяются в слоистых породах. Прямые врубы (щелевой и призматический) могут применяться в выработках малых сечений.

**Вспомогательные шпур**ы производят отбойку породы в сторону боковой обнаженной поверхности (вруба). Они взрываются вслед за взрывом врубовых шпуров и способствуют расширению врубовой полости.

**Оконтуривающие шпур**ы, взрывающиеся последними, предназначены для придания выработке запроектированной формы и размеров поперечного сечения.

В забоях выработок небольшого сечения вспомогательные шпур

ы иногда не бурят, а их функции выполняют оконтуривающие шпур

#### *Расчет количества шпуров*

Существуют несколько способов расчета, все эмпирические. Наиболее часто расчет ведется на основе формулы проф. М.М. Протоdjяконова, связывающей коэффициент крепости пород и площадь забоя:

$$N = 2.7\sqrt{f * S},$$

где  $f$  – коэффициент крепости;

$S$  – площадь забоя.

Данная формула хороша для расчета количества шпуров в средних по крепости породах, при расчете количества шпуров в мягких и очень крепких породах результат расчета необходимо проверить на выполнение неравенства:

$$0,70 \text{ м}^2 > \frac{S}{N} > 0,14 \text{ м}^2.$$

Указанное неравенство может служить для проверки результата расчета по вышеприведенной формуле М. М. Протоdjяконова. Если неравенство не выполняется, то количество шпуров изменяется таким образом, чтобы площадь забоя, приходящаяся на один шпур, соответствовала указанным значениям.



### *Размещение шпуров на забое горной выработки*

После определения количества шпуров на забое выработки необходимо составить схему размещения шпуров на забое горной выработки. При размещении шпуров следует учитывать следующие правила: 1 – шпуры размещаются по площади забоя относительно равномерно, чтобы была обеспечена равномерная работа каждого шпура; 2 – минимальное расстояние между рядами должно быть таким, чтобы исключалась возможность детонации; 3 – размещение шпуров должно обеспечивать отбойку породы в контурах выработки согласно проекта с наибольшим КИШ; 4 – необходимо обеспечить равномерное дробление породы до необходимой крупности кусков.

Схема расположения шпуров представляет изображение их пространственного положения на трех взаимно перпендикулярных плоскостях, одна из которых совпадает с плоскостью забоя.

Порядок составления схемы следующий.

Вначале, исходя из особенностей горных пород, определяется тип вруба, количество врубовых шпуров и углы их наклона к плоскости забоя. Затем определяется количество отбойных шпуров, необходимых для поддержания при проходке проектного сечения горной выработки и углы их наклона к плоскости забоя. Оставшееся количество шпуров считается вспомогательными. Пример схемы приведен на рисунке 13.

### *Размещение шпуров при проходке канав*

Количество шпуров определяется по формуле Протоdjяконова. Шпуры располагаются в один или два ряда параллельно оси канавы под углом  $90^\circ$ . В некоторых случаях шпуры бурятся с наклоном к поверхности забоя в зависимости от условий залегания пластов горных пород. При двухрядовом размещении шпуры располагаются относительно друг друга в шахматном порядке (рис. 14).

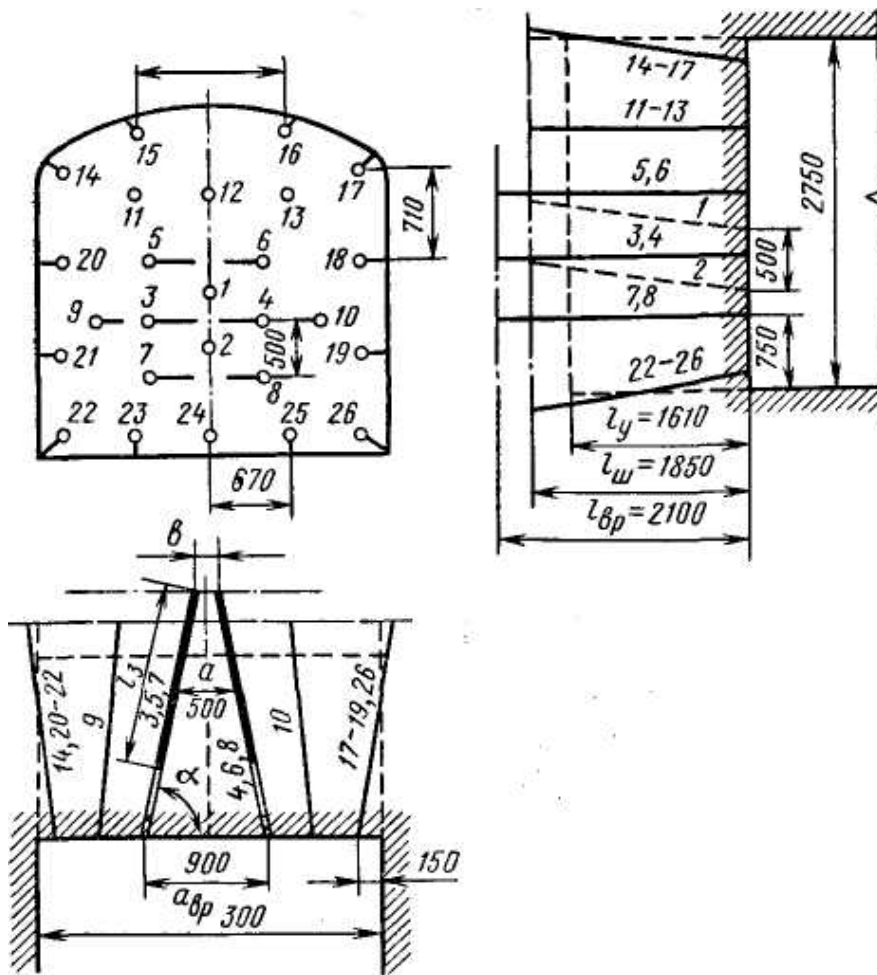


Рис. 13. Схема расположения шпуров на забое штольни

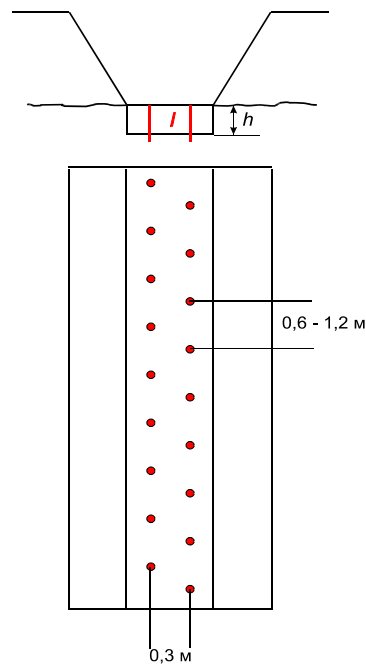


Рис. 14. Схема размещения шпуров на забое канавы

### 2.3.5. Расчет длины шпуров в подземных выработках

От длины шпуров будет зависеть скорость проходческих работ. Короткие шпуров снижают производительность работ, но их длина ограничена шириной выработки. Кроме того, она ограничена и длительностью рабочей смены. Чтобы обеспечить эффективность работ, необходимо учесть все обозначенные выше ограничения и условия. Существует много эмпирических способов расчета глубины шпуров. Нами будут рассмотрены только некоторые из них.

В общем случае глубина шпура, ориентированного перпендикулярно поверхности забоя, связана с длиной заходки следующей зависимостью (рис. 15):

$$l_{\text{зах}} / l_{\text{шп}} = \text{К.И.Ш.},$$

где  $l_{\text{зах}}$  – длина заходки,  $l_{\text{шп}}$  – глубина шпура, **К.И.Ш.** – коэффициент использования шпура, равный 0,7–0,95, равен отношению глубины получаемой при взрыве воронки к глубине шпура.

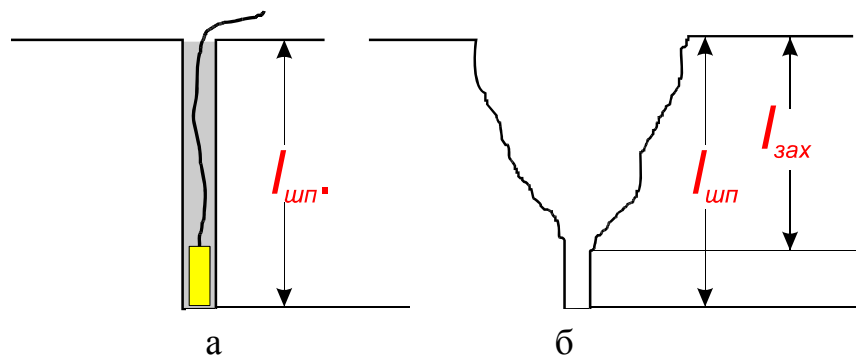


Рис. 15. Соотношение длины заходки и глубины шпуров: а – обший вид заряженного шпура; б – вид воронки взрыва

Глубину шпуров определяют также по упрощенной формуле:

$$l_{\text{шп}} = (0,7 - 0,9)B,$$

где  $B$  – ширина выработки, м.

Формулу используют для проверки максимальных глубин шпуров полученных другими способами.

Минимально допустимая глубина шпура принимается равной 0,5 м. В шпурах меньшей глубины резко снижается эффективность использования взрывчатых веществ.

Для наклонных шпуров дополнительно рассчитывается длина, которая необходима для определения общей длины буров для перфоратора (рис. 16).

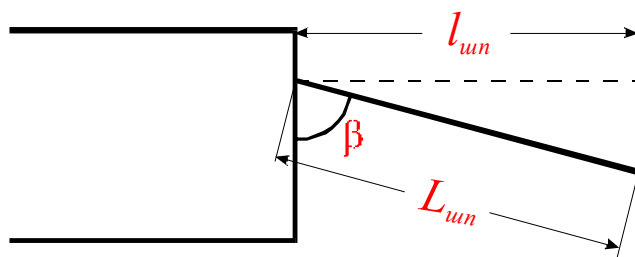


Рис. 16. Соотношение длины и глубины шпура

Длину шпура можно рассчитать по формуле

$$L_{un} = l_{un} : \sin \beta.$$

### 3. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Разработка новых эффективных и экономичных способов проведения горно-разведочных выработок – одно из основных направлений технического прогресса. Взрывной метод характеризуется высокой производительностью и экономичностью, поэтому он нашел широкое применение при проведении горно-разведочных выработок, особенно в условиях скальных пород. Вместе с тем проведение горно-разведочных выработок взрывным способом требует от исполнителей достаточно высокой теоретической и практической подготовки в области управления энергией взрыва.

Разнообразие горно-технических условий и физико-механических свойств горных пород создает определенные трудности при проведении горно-разведочных выработок, что лишний раз доказывает необходимость глубоких знаний в области взрывного дела у руководителя таких работ. На практике технология ведения буровзрывных работ при проведении горно-разведочных выработок мало чем отличается от условий проведения выработок при разработке месторождений полезных ископаемых. Однако при проведении горно-разведочных выработок необходимо учитывать те их особенности, которые связаны с возможными изменениями физико-механических свойств горных пород и направлением проведения таких выработок. Поэтому, прежде чем перейти к технологическим вопросам проведения горно-разведочных выработок, необходимо дать основные понятия о взрыве и ВВ, рассмотреть виды химических реакций и процессы, протекающие при взрывчатом превращении.

### **3.1. Понятие о взрыве и взрывчатых веществах**

Впервые задача физической сущности взрыва была поставлена М.В. Ломоносовым. В работе «О природе и рождении селитры», написанной в 1748 г., он дает определение взрыва как очень быстрого выделения значительного количества энергии и большого объема газов. В современной интерпретации взрывом называют процесс быстрого сверхзвукового физического или химического превращения вещества за счет прохождения по нему детонационной волны, сопровождающейся переходом потенциальной энергии этого вещества или продуктов его превращения в кинетическую. Существуют три формы химических превращений ВВ: медленное химическое превращение, горение и детонация.

Медленное химическое превращение протекает при низких температурах по всему объему вещества. При горении передача тепла от слоя к слою происходит в результате теплопроводности. Скорость горения мо-

жет быть от долей сантиметра до десятков метров в секунду. Взрыв, распространяющийся с постоянной и максимальной для данного ВВ скоростью, называют детонацией.

Взрывчатыми веществами называют смеси и химические соединения, способные под влиянием внешнего воздействия (нагрева, удара, трения и т. д.) взрываться, т. е. чрезвычайно быстро превращаться в другие соединения с образованием большого количества тепла и газов. Следовательно, взрывчатое превращение – это быстро протекающая в ВВ химическая, в основном окислительная, реакция, сопровождающаяся образованием большого количества газов и значительным выделением тепла, в результате чего газы нагреваются до высокой температуры и в месте нахождения ВВ развивается высокое давление.

Скорость взрывчатого разложения внутри заряда ВВ может быть разной и в значительной степени определяет разрушительное действие взрыва на окружающую среду. Характерный признак ВВ – наличие в его составе всех необходимых для протекания реакций окисления элементов. Взрывчатые вещества подразделяются на химические соединения, в молекулах которых содержатся горючие элементы и окислитель, и смесевые, представляющие механическую смесь твердых, жидких или газообразных компонентов. Наибольшее распространение получили взрывчатые смеси из твердых веществ.

#### *Свойства ВВ*

Работоспособность ВВ – характеризует способность взрывчатого вещества производить механическую работу по разрушению и отрыву породы от массива. Она зависит от объема газов и количества тепла, образующегося при взрыве. Практически работоспособность ВВ определяют взрывом заряда весом 10 г в свинцовой бомбе. О работоспособности судят по изменению объема канала бомбы в кубических сантиметрах. Например,

работоспособность ВВ в  $370 \text{ см}^3$  говорит о том, что объем канала бомбы после взрыва навески данного ВВ в 10 г увеличился на  $370 \text{ см}^3$ .

Бризантность ВВ – характеризуется способностью взрывчатого вещества производить дробящее действие (дробление породы на большие или меньшие обломки). Зависит она, главным образом, от скорости взрыва. О бризантности судят по величине усадки свинцового цилиндра в результате взрыва навески ВВ в 50 г. Бризантность выражается в миллиметрах.

Чувствительность ВВ – это степень их восприимчивости к различным внешним воздействиям: тепловому (огонь, искра, повышение температуры), механическому (удар, трение), а также к передаче детонации. Это чрезвычайно важное свойство обуславливает основные меры безопасности при обращении с взрывчатыми материалами, особенно при их перевозке и хранении. Способность взрывчатых веществ к передаче детонации используется не только в самих взрывных работах, но и при испытании ВВ для определения их качества.

Чувствительность ВВ к различным воздействиям зависит от природы взрывчатого вещества, физического состояния, температуры, плотности, влажности, наличия примесей и т.д. Чувствительность ВВ может быть повышена или понижена за счет добавок соответствующих веществ.

Кумуляция. Эффект этого явления подобен выпуклой линзе, фокусирующей свет. Если заряд на своем торце имеет выемку подобной формы, то при взрыве он способен оказывать усиленное действие в направлении фокусирования. При этом не происходит суммарного увеличения энергии, и лишь концентрация ее (подобно швейной игле, на кончике которой при небольшом усилии на небольшую площадь ткани возникает мощное давление). Такое направленное действие заряда называется кумулятивным. Оно объясняется тем, что при взрыве заряда, имеющего кумулятивную выемку в торце, противоположном детонатору, взрывные газы части заряда, прилегающей к выемке, разлетаясь вначале по нормали к поверхности вы-

емки, встречаются на ее оси и образуют мощную тонкую кумулятивную струю. Скорость кумулятивной струи намного превышает скорость детонации, достигая 10 000–12 000, а иногда и 30 000 м/с, а давление превышает 100 000 кг/см<sup>2</sup>, чем и объясняется ее пробивное действие. На эффективность кумулятивного действия оказывают влияние скорость детонации заряда, форма и размер выемки, оболочка выемки и расстояние заряда от преграды. Чем больше скорость детонации, тем сильнее кумулятивный эффект. Наилучшими будут конические и полусферические формы выемки. Картонная оболочка выемки ухудшает, а стальная улучшает кумулятивный эффект.

Кислородный баланс. Относительная доля кислорода в составе ВВ, является их важным показателем, так как от этого зависит качественный состав образующихся при взрыве газов, в том числе и появление ядовитых. К последним относятся угарный газ – СО и окислы азота. Чистый азот и углекислота не относятся к ядовитым газам, но повышенное их содержание снижает относительную долю кислорода, нормальное содержание которого для человека в обычных условиях составляет около 21 %. Поэтому в подземных выработках применяют ВВ с так называемым нулевым кислородным балансом. В них кислорода достаточно для полного окисления углерода и превращения его в углекислоту, но не слишком много, чтобы окислять азот. При недостатке кислорода ВВ имеют отрицательный баланс, а при избытке – положительный.

### **3.2. Классификация ВВ по составу компонентов**

Промышленные ВВ представляют собой в основном смеси природных взрывчатых веществ и добавок. Последние меняют свойства ВВ, так, чтобы обеспечить их эффективность и безопасное обращение с ними в определенных условиях применения, например во влажных условиях забоя выработки, или в шахтах, опасных по газу и пыли. Большинство взрывча-



тых химических веществ представляет собой химические соединения из углерода, кислорода, водорода и азота в различных соотношениях, то есть элементов-окислителей и восстановителей, которые при энергетическом иницировании (получении дополнительной энергии извне) способны вступать между собой в быстротекающую реакцию.

### *Нитроглицериновые ВВ*

К ним относятся динамиты, детониты, победиты, в основе которых имеются нитроглицерин или нитроглицерин с нитрогликолем.

Н и т р о г л и ц е р и н  $C_3H_5(NO_3)_3$  – жидкое маслянистое ВВ слегка желтоватой окраски. Нитроглицерин ядовит – проникая через кожу в органы дыхания в организм, вызывает сильные головные боли и сердцебиение. Он весьма чувствителен к огню и механическим воздействиям. Горение нитроглицерина зачастую переходит во взрыв. Работоспособность его составляет  $550\text{ см}^3$ , бризантность – 20 мм, скорость детонации непостоянна и колеблется от 1165 до 9150 м/с.

Нитроглицерин имеет очень большой недостаток – замерзает при температуре  $+13^\circ$ . Замерзший нитроглицерин особенно опасен в обращении. Температуру замерзания можно значительно снизить с помощью добавок нитрогликоля.

Нитроглицерин из-за большой опасности в обращении с ним самостоятельно для взрывных работ не используется, но входит, как один из компонентов, в состав многих взрывчатых веществ.

Н и т р о г л и к о л ь  $C_2H_4(NO_3)_2$  – представляет собою бесцветную прозрачную жидкость, работоспособность равна  $650\text{ см}^3$ , бризантность – 30 мм, скорость детонации – 8300 м/с, температура замерзания равна  $-22,6^\circ$ . Он легко смешивается с нитроглицерином и понижает температуру замерзания последнего. Нитрогликоль по сравнению с нитроглицерином менее чув-

ствителен к механическим воздействиям, однако в качестве промышленного ВВ в чистом виде также не применяется.

Динамиты – это смесь нитроглицерина, нитрогликоля с поглотителями – древесной мукой, калиевой, натриевой или аммиачной селитрой и т. д. Для повышения химической стойкости динамитов в их состав в качестве стабилизаторов вводят небольшие добавки мела или соды. Качества динамитов в значительной мере определяются свойствами основного компонента – нитроглицерина. Так, например, температура замерзания обычного динамита равна  $+10^{\circ}$ . Замерзшие динамиты очень опасны в обращении, применять их для взрывных работ нельзя, запрещается такая разминать их, ломать, резать, снимать бумажную оболочку. Оттаивание динамитов, как правило, производится в ящиках в отапливаемом помещении при температуре порядка  $+20^{\circ}$  или в специальных сосудах-отогревателях. Для снижения температуры замерзания динамитов в их состав вводят добавки нитрогликоля, 62 % труднозамерзающий динамит имеет температуру замерзания  $-20^{\circ}$ . Цифры в процентах перед маркой динамита свидетельствуют о процентном содержании в нем нитроглицерина, нитрогликоля или их суммы.

Кроме того, динамиты обладают и еще весьма существенными недостатками: при длительном хранении они «стареют», у них проявляется экссудация. Экссудацией называется способность динамитов выделять на поверхности патронов содержащийся в них нитроглицерин. «Старение» динамитов выражается также и в увеличении их плотности, что приводит к частичной или даже полной потере ими взрывчатых свойств. Эти динамиты становятся столь же опасны в обращении, как и исходные вещества в их чистом виде. Патроны динамитов с явными признаками экссудации запрещено применять для целей взрывных работ. Отсюда следует, что нарушать сроки и условия хранения нитроглицериновых ВВ ни в коем случае

нельзя. Для большинства из них срок хранения равен 6–8 месяцам. ВВ, срок хранения которых истек, подлежат уничтожению.

К достоинству динамитов относят их высокую работоспособность, бризантность и особенно водоустойчивость, что позволяет использовать в породах любой крепости, во влажных и обводненных забоях.

Динамиты выпускаются только в патронированном виде. Применяются они сравнительно редко так как стоимость в 2–3 раза выше стоимости аммиачно-селитряных ВВ, но в ряде случаев их применение более эффективно, чем аммонитов.

Детониты – это промышленные ВВ, в состав которых входят нитроглицерин (от 6 до 15%) и аммиачная селитра. Они могут применяться для взрывных работ в самых различных условиях, кроме шахт, опасных по газу или пыли.

Победиты – промышленные ВВ, в состав которых входят нитроглицерин в небольшом количестве, аммиачная селитра, тринитротолуол и соль в качестве пламегасителя. Добавка в небольшом количестве нитроглицерина не сообщает взрывчатому веществу всех отрицательных свойств, присущих динамитам, в то же время она существенно повышает способность к детонации и некоторые другие полезные свойства. Соль вносится для снижения температуры взрыва, что позволяет использовать победиты в выработках, опасных по газу или пыли.

Детониты и победиты выпускаются в патронированном виде, по хранению, перевозке и обращению с ними они приравниваются к аммиачно-селитряным ВВ, однако к их химической стойкости предъявляются более высокие требования, чем к аммонитам.

Несомненным достоинством детонитов и победитов при всей их гигроскопичности является то обстоятельство, что при увлажнении их они еще некоторое время не теряют восприимчивости к детонации и поэтому могут применяться во влажных забоях.

## *Нитросоединения*

Нитросоединения в отличие от механических смесей представляют собой химические взрывчатые вещества, образующиеся в результате взаимодействия органических или неорганических соединений с азотной кислотой в присутствии серной или уксусной кислоты. Некоторые ВВ этой группы применяются в качестве добавок к аммонитам (тротил, гексоген), другие в детонирующих шнурах или в качестве инициирующего ВВ в капсулах-детонаторах. В качестве рабочих ВВ, как правило, не применяются.

Тротил (тол, тринитротолуол)  $C_6H_2(NO_2)_3 \times CH_3$  – представляет из себя порошок или пластинчатые чешуйки желтого цвета. Кроме того, тротил может выпускаться в прессованном виде или в виде отдельных литых зарядов.

Тротил мало чувствителен к влаге, удару и трению, легко загорается и спокойно горит. Работоспособность его равна  $360 \text{ см}^3$ , бризантность – 15 мм, скорость детонации – 7000 м/с. При взрыве тротил выделяет много ядовитых газов, поэтому в чистом виде его можно применять только на поверхностных работах.

Динитронафталин  $C_{10}H_6(NO_2)_2$  – слабое взрывчатое вещество, представляющее из себя порошок серо-желтого цвета. Употребляется при изготовлении некоторых сортов аммиачно-селитряных рабочих ВВ (динафталит).

Тетрил  $C_6H_2(NO_2)_3 \times CH_3(NO_3)$  – мелкокристаллическое ВВ бледно-желтого цвета. Его работоспособность равна  $380 \text{ см}^3$ , бризантность – 22 мм, скорость детонации – 7200–7700 м/с. Тетрил не боится влаги, а по своим взрывным свойствам превосходит тротил, но, из-за большой чувствительности к механическим воздействиям, самостоятельно для взрывных работ не применяется. Тетрил обладает большой восприимчивостью к детонации и хорошо ее передает другим ВВ. Поэтому его применяют при изготовлении капсулей-детонаторов как вторичное инициирующее ВВ.

Тен /пентрит/  $C_2H_2(NO_3)_4$  – кристаллический порошок белого цвета. Работоспособность тена равна  $500\text{ см}^3$ , бризантность 25–26 мм, скорость детонации – 8200–8700 м/с. Тен влаги не боится. Применяется он, как и тетрил, в качестве вторичного инициирующего ВВ при изготовлении детонаторов, а также, при изготовлении детонирующего шнура.

Гексоген  $C_3H_6(N_4O_2)_3$  – кристаллический порошок белого цвета. Гексоген химически устойчив, не боится влаги, по чувствительности к механическим воздействиям близок к тетрилу, но значительно превосходит его по мощности. Так, работоспособность гексогена равна  $520\text{ см}^3$ , бризантность – скорость детонации – 8300 м/с. Применяется для изготовления детонирующих шнуров, детонаторов (как вторичное инициирующее ВВ) и некоторых сортов мощных аммонитов.

Гремучая ртуть  $Hg(CNO)_2$  – мелкокристаллическое вещество белого или серого цвета. Сухая гремучая ртуть весьма чувствительна к огню и механическим воздействиям. При взрыве наносит сильный и резкий удар по окружающей среде. Поэтому она применяется в качестве первичного инициирующего ВВ при изготовлении детонаторов.

Гремучая ртуть не очень чувствительна к влаге, но при длительном хранении под водой впитывает ее до 50 %. Такая гремучая ртуть от огня и удара не взрывается, но может взорваться от взрыва сухой гремучей ртути. В присутствии влаги гремучая ртуть способна взаимодействовать с некоторыми материалами, образуя весьма опасные взрывчатые соединения – фульминаты. Особенно легко она реагирует с алюминием, потому ее никогда не помещают в алюминиевые гильзы. Детонаторы с гремучей ртутью помещают в картонные гильзы и реже – в медные или латунные.

Азид свинца  $Pb(N_3)_2$  – мелкокристаллический порошок белого цвета. Влаг он не боится и при ее содержании до 30 % не теряет своих взрывных свойств.

Азид свинца менее чувствителен к огню и механическим воздействиям, чем гремучая ртуть, однако по своей мощности превосходит последнюю. Он также применяется в качестве первичного инициирующего ВВ при изготовлении капсулей-детонаторов.

В присутствии влаги и углекислоты азид свинца легко взаимодействует с медью; с железом он взаимодействует с трудом, а с алюминием не взаимодействует вовсе. По этой причине детонаторы с азидом свинца изготавливают в алюминиевых и картонных гильзах. В медные гильзы азид свинца помещать нельзя.

ТНРС (тенерес)  $C_6H(NO_2)_3 \times PbO_2H_2O$  – это кристаллическое вещество золотисто-желтого цвета, темнеющее на воздухе. Тенерес в несколько раз слабее азид свинца и гремучей ртути. Но к огню он очень чувствителен и небольшая его доза поверх заряда азид свинца гарантирует безотказный взрыв азидного детонатора и от пламени огнепроводного шнура и от электровоспламенителя.

#### *Аммиачно-селитряные ВВ*

Взрывчатые вещества этой группы представляют собой механические смеси аммиачной селитры (свыше 50 % по весу) с другими взрывчатыми и невзрывчатыми веществами. Они подразделяется на аммониты, аммоналы и динафталиты.

Аммиачная селитра  $NH_4NO_3$  – белый кристаллический порошок. При температурах  $-16^\circ$  и  $+32^\circ$  происходит перекристаллизация аммиачной селитры, сопровождаемая спеканием, в результате чего она из рыхлой превращается в плотную, комковатую массу.

Аммиачная селитра очень гигроскопична и легко растворяется в воде. При длительном хранении, особенно в условиях временной влажности, происходит ее слеживание.

Аммиачная селитра является не только носителем кислорода, но и взрывчатым веществом. При достаточно сильном первоначальном импульсе

она может взрываться. Инициирование происходит взрывом промежуточного патрона аммонита, вес которого должен составлять от 5 до 20 % от веса селитры. Работоспособность ее равна  $200 \text{ см}^3$ , бризантность – 1,5 мм, скорость детонации – 1500–3000 м/с.

Аммониты – это смеси аммиачной селитры и взрывчатых нитросоединений с горючими добавками. В качестве нитросоединения чаще всего применяется тротил, который в той или иной мере входит в большинство различных марок аммонитов. Аммониты повышенной мощности дополнительно могут содержать добавки гексогена или тена. В качестве горючих, но невзрывчатых добавок чаще всего применяется древесная мука.

Свойства аммиачной селитры, как основного компонента аммонитов, во многом определяют и свойства последних. Большинство аммонитов рядовых марок обладают высокой гигроскопичностью, способностью к спеканию и слеживанию. Такие аммониты применять во взрывных работах нельзя, они могут давать отказы или неполный взрыв, переходящий в ряде случаев в простое горение.

Количество ядовитых газов при недостаточности взрыва резко возрастает, что создает дополнительные трудности при производстве вентиляционных работ в условиях подземных выработок.

Для уменьшения гигроскопичности аммонитов в состав марок вводят небольшие (до 1 %) добавки парафина, жирных кислот, солей стеариновой кислоты и т. п. Кроме того, парафинируют тонким слоем, с заворачиванием в парафинированную или пергаментную бумагу, все патроны аммонита.

Аммониты выпускаются в прессованном, патронированном и рассыпном виде. Они отличаются невысокой стоимостью и безопасностью в обращении, так как мало чувствительны к огню, трению и удару. Взрывчатые свойства аммонитов зависят не только от их состава, но и от способа изготовления.

Некоторые марки аммонитов по основным своим показателям работоспособность, бризантность, скорость детонации и т. д. не уступают динамитам, а по работоспособности превосходят и 62 % динамит.

Для уменьшения теплоты и температуры взрыва в состав аммонитов вводят добавки поваренной соли и хлористого калия. Такие аммониты называются предохранительными, что позволяет их использовать в выработках, опасных по газу, угольной и серной пыли или по парам нефти и бензина.

Все это привело к тому, что в настоящее время аммониты получили преимущественное распространение при всех видах взрывных работ.

Аммоналы – состоят из аммиачной селитры (до 70 %), взрывчатых нитросоединений и порошка алюминия или ферросилиция (до 16 %). Отличаются они довольно высокой работоспособностью и влагуустойчивостью. Остальные свойства во многом напоминают свойства обычных аммонитов.

Динафталиты – это также аммиачно-селитровые ВВ, в состав которых входит динитронафталин. В отличие от аммонитов они негигроскопичны и не слеживаются, что является их весьма ценным свойством.

Все аммиачно-селитровые ВВ имеют гарантийный срок хранения не выше 6 месяцев. На исходе срока хранения, а также в случае возникновения сомнения в их доброкачественности аммиачно-селитровые ВВ должны подвергаться испытаниям на полноту взрыва, на передачу детонация и на влажность. Аммиачно-селитренные ВВ, пришедшие в негодность, должны уничтожаться.

По характеру воздействия на окружающую среду ВВ делятся на две группы: бризантные (дробящие) и метательные (пороха). Среди бризантных ВВ в особую группу выделяют обладающие высокой чувствительностью инициирующие ВВ, которые применяют для изготовления средств инициирования – капсуля-детонатора (КД), электродетонатора (ЭД) и детонирующего шнура (ДШ). Для изготовления средств инициирования,



применяемых в горной промышленности, используют гремучую ртуть, азид свинца, тенерес, тетрил, гексоген, тен.

### 3.3. Промышленные (рабочие) ВВ, их классификация и маркировка

Промышленные ВВ предназначаются для дробления, разрушения и перемещения горных пород. Из многокомпонентных смесевых ВВ применяются следующие основные группы ВВ: *динамоны* – смеси аммиачной селитры с жидкими и твердыми невзрывчатыми горючими добавками; *аммониты* – порошкообразные смеси аммиачной селитры с добавками тротила, гексогена, горючих веществ в разном процентном отношении; *аммоналы* – смеси аммиачной селитры, тротила и алюминиевой пудры; *граммониты* (гранулированный аммонит) – смеси из гранулированного или чешуйчатого тротила и гранулированной аммиачной селитры; *алюмотол* – гранулированный сплав тротила и алюминиевой пудры, представляющий водосодержащее взрывчатое вещество (ВВВ) и обладающий повышенной плотностью, в состав которого входят тротил, аммиачная селитра, алюминиевая пудра и насыщенный или пересыщенный раствор селитры; *динамиты* – многокомпонентные патронированные смеси на основе нитроглицерина и нитрогликоля с добавками нитроэфиров; *детониты* – патронированные смеси аммонала с добавками нитроэфиров; *оксиликвиты* – патроны из органических поглотителей с большой удельной поверхностью (торф, камыш и т. д.), пропитанные жидким кислородом; *метательные ВВ* (*дымные пороха*) применяются для отбойки штучного камня, когда надо отколоть блок от массива с минимальным дробящим эффектом.

По агрегатному состоянию применяемые промышленные ВВ могут иметь следующие разновидности: *порошкообразные, шнекованные, пресованные, литые, гранулированные (или чешуйчатые), водосодержащие* (льющиеся и горячельющиеся).

Компоненты гранулированных ВВ имеют гранулы размером 1–3 мм

или чешуйки того же размера. Водосодержащие ВВ (льющиеся) за счет добавок воды с загустителем легко транспортируются по шлангам. Горячельющиеся водосодержащие ВВ твердеют при нормальной температуре.

Для различных условий ведения работ применяются разные рабочие ВВ. Эти условия определяются с одной стороны крепостью пород, с другой стороны содержанием влаги и с третьей – степенью опасности окружающей среды. Рабочие ВВ делятся на четыре класса по степени возрастания опасности: 1 – для открытых работ, 2 – для подземных, кроме шахт опасных по газу и пыли, 3 – для угольных шахт опасных по газу и пыли, 4 – для выработок опасных по серной кислоте и парам бензина.

#### *Открытые работы*

Отличительная черта патрона ВВ – белая диагональная полоса. Применяются тротил и аммониты № 9 и 10, которые выделяют много газов при взрыве, но для открытых работ это не помеха, а также прессованный тротил, который обладает большей работоспособностью и бризантностью по сравнению с аммонитами (соответственно 300 и 24 против 300 и 16).

#### *Подземные работы*

**Кроме шахт опасных по газу и пыли.** Отличительный цвет полосы красный. ВВ подразделяются на категории в зависимости от крепости взрываеваемых пород и степени влажности забоя выработок.

А – для пород средней крепости сухих и влажных забоев: аммониты 6 и 7, динафталит;

Б – водоустойчивые для пород средней крепости;

В – водоустойчивые для крепких: аммонит 1 и 2, аммоналы, динамит 62 %.

#### **Предохранительные ВВ для угольных шахт, опасных по газу и пыли**

А – по углю и породе, независимо. Отличительный цвет – желтый. Аммонит 8, победит.

Б – только по породе, кроме угля – синий, аммонит АП-1, АП-2, победит ВП-2.

**Предохранительные ВВ для выработок опасных по серной кислоте и парам бензина.** Отличительный цвет черты – зеленый.

А – для серных шахт. Аммонит серный № 1 и 2.

Б – от паров бензина. Аммонит нефтяной № 1, 2, 3.

Таким образом, нетрудно заметить, что для маркировки ВВ, предназначенных для разных условий ведения работ, применяется простой, легко запоминающийся принцип аналогии со светофором: что запрещено категорично, имеет красный цвет, а что можно, безусловно, имеет зеленый цвет. На дневной поверхности (на белом свете) применяются ВВ с белой маркировкой, а то, что рекомендовано к применению, имеет желтую полосу.

### **3.4. Расчет количества ВВ**

#### *Расчет заряда*

Для расчета шпурового заряда ВВ приходится применять ряд промежуточных расчетов: 1) удельного расхода на 1 м<sup>3</sup> породы; 2) расхода ВВ на одну заходку, и далее, зная количество шпуров на заходку, можно рассчитать уже заряд каждого шпура.

Для расчета удельного расхода ВВ применяется эмпирическая формула М. В. Покровского, которая определяет количество ВВ, необходимое для подрыва 1 м<sup>3</sup> той или иной породы.

$$q = q_1 e c w, \text{ кг/м}^3,$$

где  $q_1$  – удельный нормальный расход ВВ, рассчитанный для некоторых стандартных условий;  $e$  – коэффициент работоспособности ВВ;  $w$  – коэффициент, учитывающий зажим породы;  $c$  – структурный коэффициент. Все составляющие правой части формулы табличные, их можно найти в приложениях во второй части методического пособия В. П. Оксененко.

Расход ВВ на одну заходку определяется из соотношения

$$Q_{\text{зах}} = q V_{\text{зах}}, \text{ кг},$$

где  $V_{\text{зах}}$  – объем заходки в м<sup>3</sup>.

Общую потребность ВВ на проходку всех выработок можно рассчитать или через  $Q_{\text{зах}}$  или через  $q$ , зная общий объем проходки.

Заряд одного шпура при однотипности шпуров, например в канаве, можно определить так:

$$q_{\text{шпура}} = Q_{\text{зах}}/n, \text{ кг},$$

где  $n$  – количество шпуров на одну заходку.

Шпуровые заряды врубовых шпуров в подземных выработках увеличены на 20–30 % по сравнению с отбойными и вспомогательными.

Масса шпуровых зарядов в подземных выработках определяется по уравнению

$$Q_{\text{зах}} = q_{\text{вр шп}} n_{\text{вр}} + q_{\text{отб шп}} n_{\text{отб}}, \text{ кг},$$

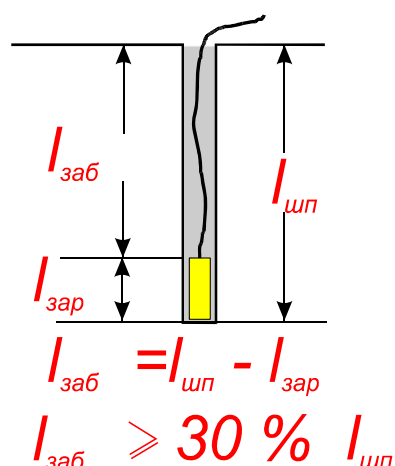
где  $q_{\text{вр шп}}$  – масса врубового шпура,  $n_{\text{вр}}$  – количество врубовых шпуров,  $q_{\text{отб шп}}$  – масса отбойного (вспомогательного) шпура,  $n_{\text{отб}}$  – количество отбойных и вспомогательных шпуров.

В практике проходческих работ зачастую приходится иметь дело со стандартными патронами ВВ. И, если деление одних патронов может быть просто нежелательно, то других – просто недопустимо. Поэтому расчетные величины заряда шпуров следует округлить до ближайших весовых размеров стандартных патронов ВВ. С учетом этих округлений, следует отдельным расчетом внести изменения в расход ВВ на одну заходку и на всю выработку. В паспорт по буровзрывным работам выносятся только эти откорректированные данные.

#### *Расчет длины забойки и длины заряда*

Необходимость этих расчетов диктуется, прежде всего, требованиями правил техники безопасности. Длина забойки должна быть не короче 30 % от общей длины шпура, а в выработках, опасных по газу и пыли – не короче 50 %. Если это условие не соблюдается, то весь расчет нужно произвести заново, избрав или более сильное взрывчатое вещество, или увеличив число шпуров, или выполнив то и другое. Длина забойки и заряда вычисляется ис-

ходя из диаметра и длины шпура, а также массы и плотности ВВ. Диаметр шпура при этом принимается равным диаметру головки бура.



*Рис. 17. Схема расчета длины зарядки и забойки шпуров. Длина зарядки – длина заряда ВВ, длина забойки – вся свободная от заряда ВВ часть шпура*

Вычисляется вначале объем, который будет иметь заряд данного ВВ при известной массе и плотности, а затем объем шпура; сопоставив их, легко определить какую, часть от общей длины шпура будет занимать заряд и забойка (рис. 17).

## 4. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПОДРЫВА ЗАРЯДОВ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

### 4.1. Принцип устройства боевых зарядов

Все без исключения ВВ обладают огромной работоспособностью, и в этом плане весьма полезны для человека, но, к сожалению, их мощь используется по большей части ему во вред. Вся история человечества – это поиск наиболее эффективных средств для самоуничтожения, и в этом оно достигло заметных успехов.

Все ВВ имеют тот общий недостаток, что их применение требует особых мер предосторожности, особенно ВВ, обладающие высокой чувст-

вительностью. К счастью, она не одинакова у разных ВВ, и на этом основана технология их **дифференцированного применения**, как в боевом, так и промышленном использования.

Технология применения ВВ всюду имеет общий принцип. По назначению во взрывных устройствах ВВ делятся на два типа: рабочие и иницирующие. Задача первых основная – выполнить полезную работу, а вторых – иницировать (заставить) флегматичные (низкочувствительные), но обладающие большой работоспособностью ВВ взорваться. Необходимость применения такого устройства зарядов связана с техникой безопасности. Для иницирования не требуется большой массы чувствительного ВВ, а большая масса рабочего ВВ в силу невысокой чувствительности сама по себе не представляет особой опасности. Более того, чтобы свести риск к минимальному, применяется взрывная цепь с двумя иницирующими ВВ: первичными, которые, обладая наибольшей чувствительностью и наименьшей массой (гремучая ртуть, азид свинца), взрываются первыми и вторичными (тен, гексаген, тетрил), которые, получая импульс от первых, передают его заряду рабочего ВВ (порох, аммониты, динамиты, тротил и др.). Вся эта цепочка, соединенная последовательно, представляет собой боевой патрон, при этом часть его с иницирующими веществами называется капсуль-детонатором. В горном деле патроны-боевики изготавливаются непосредственно на месте взрыва, капсуль-детонаторы и рабочие ВВ хранятся врозь.

#### **4.2. Способы подрыва боевых зарядов**

Подрыв боевых зарядов сопряжен с немалым риском, поэтому технологии этой части БВР уделяется большое внимание. Существует три основных способа подрыва зарядов – огневой, электрический, детонация. Выбор того или иного из них обусловлен с одной стороны доступностью

средств взрывания, а с другой – условиями и требованиями техники безопасности.

Огневой способ наиболее дешевый и простой в исполнении. Недостатками являются относительная опасность (нахождение взрывника непосредственно на месте производства взрыва), невозможность проверки качества подготовки взрыва, затрудненность взрывания групп зарядов. Не исключен преждевременный подбой одного заряда другим. По требованиям техники безопасности огневой способ нельзя применять в вертикальных и крутонаклонных горных выработках и в любых выработках опасных по газу и пыли, по нефтепродуктам.

Электрический способ не имеет ограничений, самый безопасный, количество подрываемых зарядов не ограничено. Но он более сложный и дорогой, требует применения специального оборудования и расчета сопротивления и тока цепи.

Детонирующий способ не получил широкого распространения при ведении горных работ, но его можно применять в принципе в любых условиях (для опасных по газу и пыли выработок применяются специальные – предохранительные – детонирующие шнуры).

### **4.3. Средства взрывания**

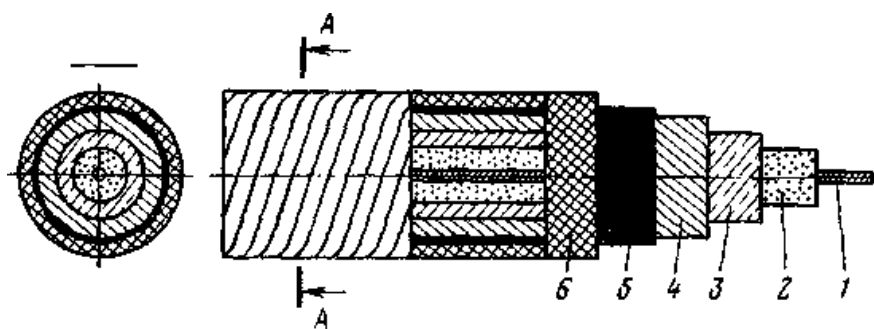
К средствам взрывания относят:

- 1) при огневом взрывании – огнепроводный шнур, средства его поджигания и капсули-детонаторы;
- 2) при электрическом – электропроводный шнур, источники тока и капсули-электродетонаторы;
- 3) при детонирующем – детонирующий шнур и средства его инициирования (капскуль- или электродетонатор).

### *Огнепроводный шнур и средства поджигания*

Огнепроводный шнур представляет собою сердцевину из дымного пороха с центральной направляющей нитью и оплеток, покрытых или пропитанных влагонепроницаемой или водонепроницаемой массой (рис. 18). Для взрывания под водой шнур выпускается в гуттаперчевой или хлорвиниловой изоляции.

По скорости горения огнепроводный шнур разделяется на: нормально горящий со скоростью горения 1 см/с, цвет оплетки серый, и замедленно горящий – со скоростью горения 0,5 см/с. Отличительный цвет оплетки – желтый. Огнепроводный шнур служит для передачи снопа искр инициирующему ВВ, расположенному в капсуле-детонаторе.



*Рис. 18. Огнепроводный шнур марки ОША: 1 — направляющая нить; 2 — сердцевина из дымного пороха; 3, 4, 6 — первая, вторая и третья оплетки соответственно; 5 — водоизолирующее покрытие. Скорость горения: 0,5–1,0 см/с, диаметр 5–6 мм*

Огнепроводный шнур поджигают с помощью тлеющего зажигательного фитиля или зажигательной свечи. Для одновременного группового поджигания большого числа отрезков огнепроводного шнура применяют зажигательные патрончики. Такие патрончики, рассчитанные на одновременное поджигание до 30–37 отрезков шнура, могут воспламеняться или с помощью короткого отрезка шнура, или с помощью электровоспламенителя.



## Детонирующий шнур

Детонирующий шнур предназначен для передачи детонации к зарядам промышленных ВВ.

Все промышленные ВВ достаточно надежно взрываются от детонирующего шнура и не требуют в этом случае применения капсюлей-детонаторов в шпурах. Сам шнур детонирует от взрыва капсюля-детонатора или электродетонатора. Детонирует он с большой скоростью (порядка 7000 м/с), что обеспечивает одновременность взрыва большого числа зарядов ВВ.

Детонирующий шнур состоит из нескольких оплеток, покрытых мастикой или пластиком, и сердцевины высокобризантного ВВ (тен, гексоген) с двумя направляющими нитями красного цвета или изоляцией красного цвета. Детонирующий шнур обычный (ДША) так же, как и огнепроводный запрещается применять в выработках, опасных по газу или пыли. Для названных условий разрешается применять только предохранительные водостойкие детонирующие шнуры марок ДШП-1 и ДШП-2 (рис. 19).

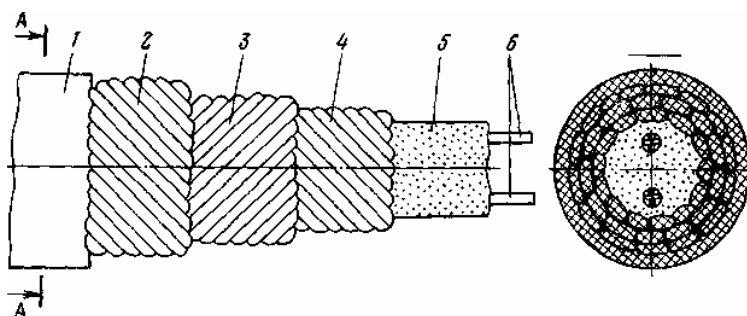


Рис. 19. Детонирующий шнур марки ДШВ: 1, 2, 3 – полихлорвиниловая, хлопчатобумажная и льняная оплетки соответственно; 4 – полиэтиленовая пленка, 5 – взрывчатая смесь из тена; 6 – направляющие нити

Детонирующий шнур сравнительно безопасен, его можно резать острым ножом на части, загорается он с большим трудом и горит спокойно без вспышек. Однако зажигать отрезки длиной более 10–12 см не разрешается, так как горение может перейти во взрыв. Резать шнур разреша-

ется только на деревянной доске на расстоянии не менее 10 м от взрывчатых веществ.

### *Капсюли-детонаторы и электродетонаторы*

В принципе, электродетонатор от обычного капсюля-детонатора отличается только наличием электровоспламенителя и, в случае электродетонатора замедленного действия, наличием замедляющего состава. Назначение их одно и то же.

*Капсюль-детонатор.* Капсюль-детонатор, используемый для детонирования основного заряда ВВ, представляет собой заряд первичного и вторичного инициирующего взрывчатого вещества, запрессованных в медную, латунную, алюминиевую или бумажную гильзу (рис. 20).

В качестве первичного инициатора используют гремучую ртуть или азид свинца. В первом случае материал гильзы должен быть бумажным, медным или латунным (в марке детонатор буквы Б или М). Во втором случае – бумажным или алюминиевым (в марке детонатора буквы Б или А). Для большей надежности взрыва азидных детонаторов, заряд первичного инициатора обволакивается небольшой добавкой тенереса.

В качестве вторичного инициатора, помещаемого в нижнюю часть гильзы, используют тетрил, тен, гексаген. В торцевой части вторичного инициатора вырабатывается кумулятивная выемка. Верхняя часть гильзы остается незаполненной для вставки туда конца отрезка огнепроводного шнура.

Капсюли-детонаторы необходимо оберегать от увлажнения, кроме того, их нельзя ронять, подвергать даже легким ударам, нагреванию. Под действием прямых солнечных лучей они резко повышают свою чувствительность к внешним воздействиям. В выработках опасных по газу или пыли капсюли-детонаторы как и огневое взрывание недопустимы.

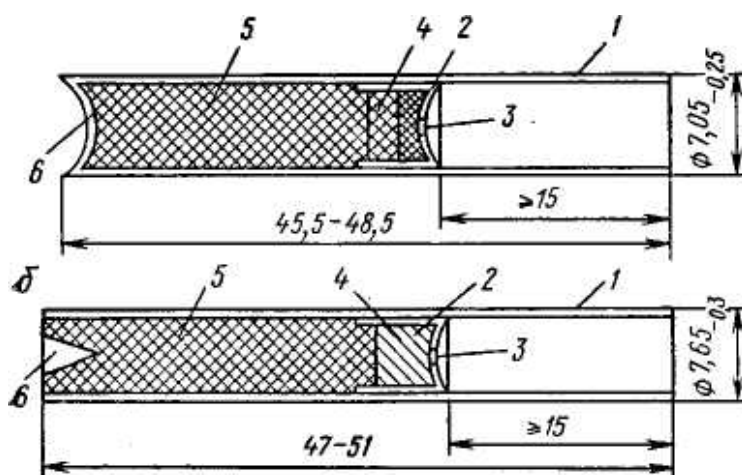


Рис. 20. Капсюль-детонатор: а, б – в металлической и бумажной гильзах; 1 – гильза; 2 – чашечка; 3 – отверстие; 4, 5 – первичный и вторичный инициаторы; 6 – доньшко, вогнутое для концентрации энергии взрыва

Выпускаются они только мгновенного действия. Необходимая последовательность взрыва шпуровых зарядов ВВ достигается или же отрезками шнура разной длины, или же определенной последовательностью поджигания.

Капсюли-детонаторы выпускаются только гремучертутнотетриловые № 8 и азидотетриловые № 8.

*Электродетонатором* называют приспособление, которое преобразует электрическую энергию в тепловую, вызывая при этом вспышку воспламеняющего состава, инициирующего взрыв рабочего ВВ (рис. 21).

Мостик накаливания, представленный константановым или нихромовым проводом 30–50 м, окружен легковоспламеняющимся составом в виде твердой капли. В качестве такого состава применяется смесь из 46 % бертолетовой соли, 28 % роданистого свинца и 26 % столярного клея. Концы мостика, через детонаторные проводники диаметром 0,5 мм и длиной от 1,5 до 2,5 м выведены наружу. Электровоспламенитель в дульце детонатора закреплен влагоизолирующей мастикой или пластиковой пробкой.

Электродетонаторы требуют осторожного обращения, тянуть за проводники или создавать на них любую иную механическую нагрузку нельзя. Они бывают мгновенного (ЭД), замедленного (ЭД-ЗД) и короткозамедленного действия (ЭД-КЗ).

Электродетонаторы замедленного действия между электровоспламенителем и первичным инициатором имеют дистанционную трубочку с замедлителем (смесь перекиси бария, калийной селитры и идитола). Величина времени замедления, равная у различных электродетонаторов от 0,5 с до 10 с, зависит от длины дистанционной трубки.

Электродетонаторы мгновенного действия разрешается применять на любых работах, электродетонаторы замедленного действия – также, кроме выработок, опасных по газу или пыли, где применение их запрещено в самой категорической форме.

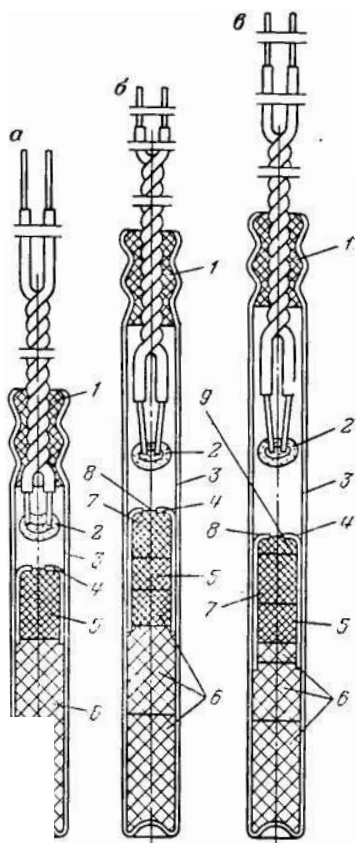


Рис. 21. а, б, в – мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия соответственно; 1 – пластиковая пробка; 2 – электровоспламенитель; 3 – гильза детонатора; 4 – чашечка; 5, 6 – первичное и вторичное иницирующее ВВ; 7, 9 – замедленный и зажигательный составы; 8 – шелковая сетка (время замедления 25–250 мс 0,5–10 с)

Электродетонаторы короткозамедленного действия между электровоспламенителем и первичным инициатором содержат замедлитель, состоящий из смеси свинцового сурика, силикокальция и ферросилиция. Величина времени замедления, равная у различных электродетонаторов от 25 до 250 мс (с интервалами от 25 до 100 мс), зависит от длины замедляющего состава.

Электродетонаторы короткозамедленного действия могут применяться при любых видах взрывных работ, в т.ч. и в опасных по газу и пыли выработках. При применении короткозамедленных детонаторов повышается коэффициент использования шпуров; кроме того, отмечается более мелкое и равномерное дробление породы, более равномерный (кучный) отброс породы, уменьшается сейсмичность взрыва и расход ВВ.

В опасных по газу или пыли (за исключением пластов, подверженных внезапным выбросам) шахтах электродетонаторы короткозамедленного действия, с применением электродетонатора ЭД-8-56 в качестве нулевого замедления, могут применяться при условии, что общий период замедления не будет превышать:

- а) в угольных забоях – 120 мс, взрывание за один прием;
- б) в смешанных забоях по породе – 120 мс, взрывание не более, чем в два приема;
- в) в чисто породных забоях – 170 мс, количество приемов взрывания не ограничивается.

#### *Проводники электрического тока*

Для передачи электрического тока от источника тока к детонаторам применяют изолированные медные и реже – алюминиевые проводники.

В зависимости от назначения проводники навиваются детонаторными, соединительными и магистральными. Сечение детонаторных проводников равно  $0,20 \text{ мм}^2$ , диаметр – 0,5 мм. В качестве соединительных и магистральных проводников применяются провода сечением  $0,75+1,50 \text{ мм}^2$ ,

диаметр – 1,0–1,5 мм. Применять проводники с хлопчатобумажной изоляцией разрешается только в сухих местах; во влажных или мокрых выработках применяются проводники только с непроницаемой резиновой и виниловой изоляцией.

Система всех проводников и электродетонаторов, соединенных между собою в определенной последовательности, называется электровзрывной сетью.

#### *Источники тока и контрольно-измерительные приборы*

В качестве источников тока в горнорудной промышленности могут использоваться батареей сухих элементов и аккумуляторов, силовые и осветительные магистрали постоянного и переменного электрического тока, взрывные машинки.

В практике проходки горно-разведочных выработок взрывным машинкам следует отдать предпочтение, так как они удобны в пользовании и надежны в работе. На месте производства взрывных работ промышленного электрического тока может не быть и тогда роль машинки еще более возрастает. Взрывные машинки бывают двух основных типов: динамо-электрические и конденсаторные.

Динамо-электрические машинки состоят из портативного электрогенератора постоянного тока, приводного механизма рукояткой или ключом, контактного приспособления и зажимов для присоединения к машине магистральных проводов взрывной сети. Примером таких машинок могут быть машинки ПМ-1, ПМ-2 и ВМ-10. Все они могут быть допущены для любых работ, кроме выработок опасных по газу или пыли.

Однако более широкое распространение получили конденсаторные машинки, как более мощные и обладающие меньшим весом. Работают они по принципу накопления заряда на конденсаторе и мгновенного разряда. По принципу питания (зарядки) конденсатора подразделяются на индукторные, аккумуляторные и батарейные. Машинки этого типа выпускаются,

как в обычном исполнении, так и во взрывобезопасном. Последние можно использовать на любых работах, в том числе и выработках, опасных по газу или пыли.

Из машинок конденсаторных наиболее широкое применение получила машинка ВМК-3/50. Эта машинка выпускается во взрывобезопасном исполнении, а ее мощность вполне достаточна для производства взрывных работ в любых разведочных выработках. Одним из необходимых условий безотказности взрыва является следующее: фактическая величина сопротивления взрывной сети не должна превышать предельной величины, указанной в характеристике взрывной машинки. Электроизмерительные приборы при электровзрывании пользуются для проверки электродетонаторов, их подбора по сопротивлению, для проверки целостности взрывной сети и определения ее сопротивления. Основные из них: линейный взрывной мостик ЛШ-48, малый омметр и взрывной испытатель ВИО-3.

#### **4.4. Расчет взрывной цепи**

Смысл расчета взрывной цепи сводится к обеспечению условий для производства взрыва при соблюдении мер безопасности.

##### *Огневым способ*

Расчет сводится к определению длины отрезков огнепроводного шнура в каждом шнуре и в последовательности их поджигания, в выборе средств поджигания.

Взрывание шнуров огневым способом состоит из следующих последовательно проводимых операций: изготовления зажигательных трубок, изготовления патронов-боевиков, заряжания шнуров, забойки шнуров и зажигания огнепроводных шнуров (рис. 22). По соображениям техники безопасности минимально допустимая длина отрезка огнепроводного шнура должна быть не короче 1 м. Зажигательная трубка представляет со-

бой капсуль-детонатор с введенным в него отрезком огнепроводного шнура. Патрон-боевик это патрон ВВ с зажигательной трубкой.

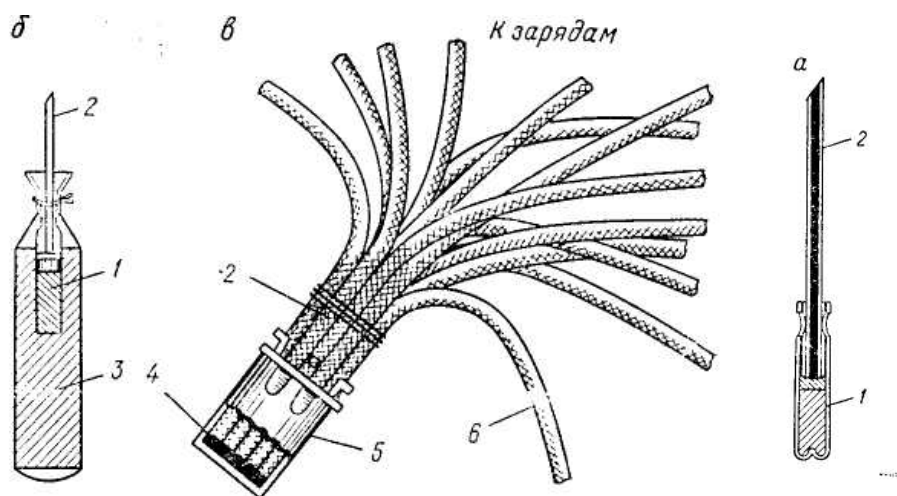


Рис. 22. Зажигательная трубка (а), патрон-боевик (б) и зажигательный патрон (в): 1 – КД; 2 – ОШ; 3 – патрон ВВ; 4 – воспламенительный состав; 5 – бумажная гильза; 6 – воспламеняющий отрезок ОШ

*Расчет длины огнепроводного шнура:*

Длина отрезка огнепроводного шнура равна

$l_{\text{заб.}} + 15 \text{ см}$ , где  $l_{\text{заб.}}$  – длина забойки.

Общая длина отрезка огнепроводного шнура не может быть менее 100 см.

Длина отрезка огнепроводного шнура за пределами шнура не может быть менее 15 см.

Необходимая очередность взрыва зарядов ВВ достигается изменением длины отрезков ОШ в зажигательных трубках или последовательностью их зажигания.

Зажигание группы шнуров в забое осуществляют отрезком ОШ, имеющим надрезы через 5–6 см; тлеющим фитилем из льняных или хлопчатобумажных нитей, пропитанных раствором калиевой селитры; зажига-



тельной свечой (бумажная гильза, наполненная с одной стороны горючим составом) общим временем горения 1, 2 и 3 мин или зажигательным патроном.

Взрывнику за одну «отпалку» разрешается поджигать не более 16 отрезков огнепроводного шнура. Если при этом используются зажига-тельные или электровоспламенительные патрончики, то количество одно-временно поджигаемых отрезков от одного патрончика может быть дове-дено до 30–37. Правилами техники безопасности разрешается поджигать одновременно не более 6 зажигательных патрончиков. Максимальное чис-ло отрезков шнура в этом случае будет достигать  $37 \times 6 = 222$ . Способ с использованием электровоспламенительных патрончиков получил назва-ние электроогневого способа взрывания шпуров.

#### *Электрический способ*

Электрический способ взрывания может применяться в любых выра-ботках, при чем количество одновременно взрываемых шпуров не ограни-чивается, необходимо выбрать только более мощный источник тока. Спо-соб этот несколько сложнее огневого, требует применения специального оборудования, но зато он и значительно безопаснее других.

Радиус опасной зоны при шпуровых взрывах должен быть не менее 200 м. Взрывник, производя с помощью машинки взрыв, находится от него на указанном расстоянии. Согласно Правилам техники безопасности, все электродетонаторы, взрывающиеся в одной сети, должны отбираться на од-ной коробки и иметь одинаковые сопротивления мостика накаливания и одинаковую величину гарантийного тока. Выше уже говорилось о необхо-димости расчета и качественного монтажа взрыва со всеми необходимыми замераами и проверками.

Расчет цепи сводится к определению таких ее параметров как сопро-тивление и величина силы тока. При использовании взрывных машинок отправными параметрами для расчета служат характеристики машинки –

напряжение воспламенительного импульса и предельное сопротивление. Поэтому вначале выбирается машинка, а потом рассчитывается цепь по сопротивлению и току. Величина тока обратно пропорциональна сопротивлению цепи и должна быть не менее величины гарантийного тока электродетонатора, рассчитанного на определенную силу, которая обеспечит безотказное срабатывание воспламенительной смеси в электродетонаторе.

Чаще всего применяется схема последовательного соединения элементов цепи (рис. 23). При этом общее ее сопротивление будет складываться из сопротивления всех электродетонаторов и сопротивления электропроводов. Количество электродетонаторов равно количеству шпуров взрывааемых за одну заходку. Сопротивление проводов рассчитывается как произведение длины провода на их удельное сопротивление. Характеристики детонаторов и провода находятся в справочной литературе. Для передачи электрического тока от источника тока к детонаторам применяют изолированные медные и реже – алюминиевые проводники.

В зависимости от назначения применяются провода детонаторные, соединительные и магистральные. Сечение детонаторных проводников равно  $0,20 \text{ мм}^2$  ( $d=0,5 \text{ мм}$ ). В качестве соединительных и магистральных проводников применяются провода сечением  $0,75 + 1,50 \text{ мм}^2$  ( $d = 0,98 : 1,38 \text{ мм}$ ). Применять проводники с хлопчатобумажной изоляцией разрешается только в сухих местах; во влажных или мокрых выработках применяются проводники только с непроницаемой резиновой и виниловой изоляцией. Длина магистрального провода равна удвоенному безопасному расстоянию от объекта – 400 м. Длина соединительных проводов равна сумме расстояний между шпурами на забое. Длина детонаторных проводов равна суммарной длине шпуров, увеличенной на длину отрезка, который выходит на поверхность (15–20 см над каждым шпуром). Удельное сопротивление проводов может быть разным в зависимости от материала и сечения.

Величина тока в цепи равно отношению величины воспламенительного импульса машинки к величине общего сопротивления цепи. В итоге расчета делается вывод о возможности применения выбранной машинки. Если она не обеспечивает величину требуемого тока, выбирают другие машинки и снова производят расчет по той же схеме до получения требуемой величины тока. Если сила тока в сети будет значительно превышать гарантийную силу тока каждого детонатора, то следует выбрать менее мощную машинку. Можно остановить свой выбор и на прежней машинке, но тогда в сеть желательно включить последовательно «гасящее» сопротивление.

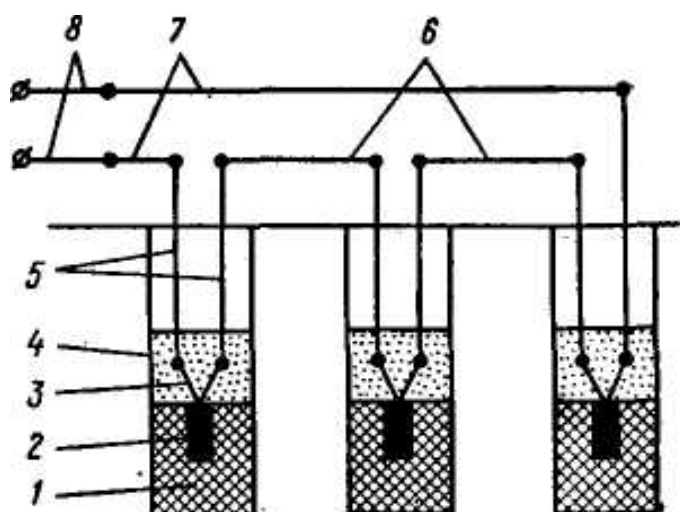


Рис. 23. Схема последовательного соединения электровзрывной сети. 1 – заряд ВВ; 2 – ЭД; 3 – выводной провод электро-детонатора; 4 – забойка; 5, 6, 7 – соединительные провода; 8 – магистральные провода

*Расчет сопротивления взрывной цепи для последовательного соединения:*

- общее сопротивление цепи ( $R_{\text{общ}}$ )

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + n R_{\text{д}},$$

где  $R_{\text{м}}$  – сопротивление магистральных проводов,

$R_{\text{с}}$  – сопротивление соединительных проводов,

$n R_{\text{д}}$  – сопротивление всех электродетонаторов;

сопротивление проводов

$$R = \rho l/S,$$

Где  $\rho$  – удельное сопротивление провода,

$l$  – длина провода, м,

$S$  – сечение провода;

- сила тока

$$I = U/R_{\text{общ}},$$

где  $I$  – сила тока (не менее 1–2,5 А).

*Расчет сопротивления взрывной цепи для параллельного соединения*  
(рис. 24):

- Общее сопротивление цепи ( $R_{\text{общ}}$ )

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{м}} + R_{\text{с}} + R_{\text{д/п}},$$

где  $R_{\text{м}}$  – сопротивление магистральных проводов,

$R_{\text{с}}$  – сопротивление соединительных проводов,

$R_{\text{д/п}}$  – сопротивление всех электродетонаторов и концевых проводов;

- условие безотказного взрывания

$$I_{\text{д}} > I_{\text{з}}$$

$I_{\text{з}}$  (гарантийный ток срабатывания электродетонатора) не менее 1,0 – 2,5 А.

Разница между фактической силой тока в сети и расчетной (особенно для конденсаторных машинок) всегда будет иметь место. Но она будет наименьшей, если сопротивление равно или близко значению величины наружного сопротивления.

Все электродетонаторы должны тщательно подбираться по сопротивлению мостика накаливания и величине гарантийного тока. При изготовлении сростков обязательным условием является хорошая зачистка, плотное скручивание и качественная изоляция сращиваемых концов проводников.

Безотказность взрыва и безопасность работ могут быть гарантированы только в том случае, если сеть будет правильно рассчитана и правильно смонтирована.

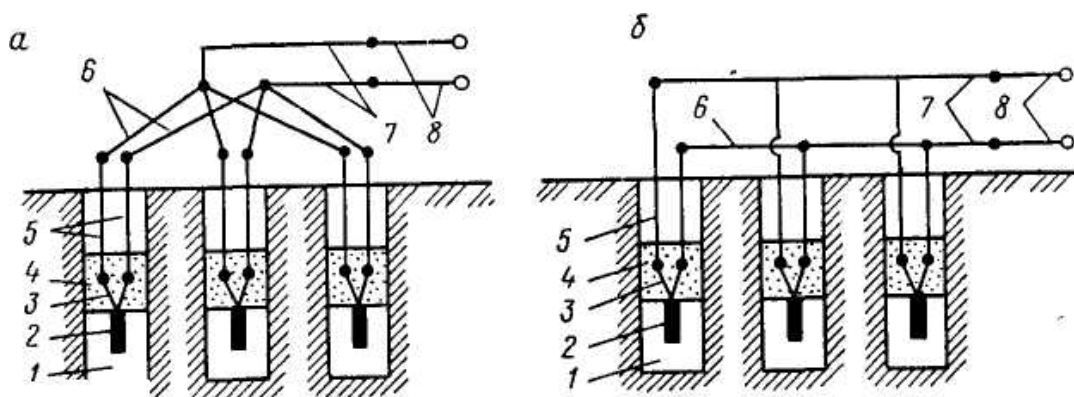


Рис. 24. Схема параллельного соединения электровзрывной сети: а – пучковое; б – параллельно-ступенчатое; 1–8 – то же, что на предыдущем рисунке

### Детонирующий способ

Взрывание детонирующим шнуром при проходке горно-разведочных выработок имеет ограниченное распространение. Но при взрывании скважинных и камерных зарядов, зарядка и забойка которых стали совершенно безопасными и не требуют сложных мер предосторожности, столь необходимых при наличии в заряде детонаторов, взрывание детонирующим шнуром получило исключительное распространение. Этот метод широко используется и при необходимости одновременного взрыва большого числа зарядов ВВ.

Шнур можно резать ножом на куски требуемой длины до введения его в заряд или боевик. После введения шнура в заряд или боевик резка его запрещается. Для сращивания отрезков детонирующего шнура применяются два вида соединений: накладной сrostок и морской узел. Конец вводимого в заряд ДШ необходимо завязывать в два-три обычных узла с тем, чтобы увеличить весовое количество ВВ в заряде. Вместо узлов можно складывать конец шнура в две-три линии и туго обвязать места соединений изоляционной тесьмой или шпагатом. Для присоединения отрезка шнура к магистрали методом накладного сrostка нужно выполнить то же условие,

кроме того, нужно, чтобы присоединяемый отрезок отходил от магистрали по направлению развития детонации, а не наоборот, иначе возможны отказы в передаче детонации.

Предельную длину магистральной линии детонирующего шнура рекомендуется брать не более 50 м, а приращенные к ней отрезки делать не более 15 + 25 м. При необходимости применения магистральной линии большей длины сrostки нужно выполнять более тщательно. Угол изгиба шнура должен быть не менее 90°. Детонация шнура вызывается капсюлем-детонатором при огневом взрывании или электродетонатором при электричеством взрывании. Соединение детонирующего шнура с детонатором должно производиться по типу накладного сrostка на расстояния 10–15 см, от конца отрезка шнура.

Все основные данные о проходческих работах приводятся в паспорте буровзрывных работ. Паспортом буровзрывных работ (БВР) называют инструктивную карту (технический документ), определяющую основные параметры взрыва: число, направление и глубину шпуров, массу зарядов и последовательность их взрывания, схему и расчет электровзрывной сети, материал и размер забойки, указания о месте укрытия взрывников и рабочих, продолжительность проветривания забоя горной выработки после взрыва, меры техники безопасности. Паспорт БВР определяет порядок выполнения взрывных работ. К паспорту БВР прикладывается схема расположения шпуров на забое горной выработки.

*Паспорт буровзрывных работ*

1	Тип выработки	
2	Площадь сечения выработки	
3	Длина выработки	
4	Категория пород	
5	Коэффициент крепости	
6	Тип вруба	
7	Общее количество шпуров	
	– в т.ч. врубовых	

	– вспомогательных	
	– оконтуривающих	
8	Угол наклона врубовых шпуров к плоско-	
9	Глубина шпуров:	
	– врубовых	
	– вспомогательных	
	– оконтуривающих	
10	Длина шпуров:	
	– врубовых	
	– вспомогательных	
	– оконтуривающих	
11	Длина заходки	
12	Количество заходов на всю выработку	
13	Коэффициент использования шпуров	
14	Взрывчатое вещество	
15	Средства взрывания:	
	– электродетонаторы	
	– проводники	
16	Способ взрывания	
17	Источник тока	
18	Расход ВВ	
	– на одну заходку	
	– на всю выработку	
19	Расход СВ	
	– на одну заходку:	
	– на всю выработку:	
20	Величина заряда	
	– в каждом врубовом шпуре	
	– в каждом вспомогательном шпуре	
	– в каждом отбойном шпуре	
21	Расход СВ	
	– в каждом врубовом шпуре	
	– в каждом вспомогательном шпуре	
	– в каждом отбойном шпуре	
22	Длина зарядки	
	– в каждом врубовом шпуре	
	– в каждом вспомогательном шпуре	

	– в каждом отбойном шпуре	
23	Длина забойки	
	– в каждом врубовом шпуре	
	– в каждом вспомогательном шпуре	
	– в каждом отбойном шпуре	

#### 4.5. Технология проведения взрыва и техника безопасности

Бурение шпуров производят в соответствии с паспортом БВР для данного забоя. Взрывник перед взрыванием должен проверить глубину, угол наклона и правильность размещения шпуров. Если они не соответствуют паспорту, взрывник не должен производить зарядку шпуров. Длину шпуров измеряет алюминиевым или деревянным забойником длиной 2–2,5 м. Взрывные работы состоят из следующих операций:

- 1) изготовление зажигательной трубки при огневом способе,
- 2) изготовление боевого патрона,
- 3) очистки пробуренных шпуров от буровой муки,
- 4) зарядки и забойки шпуров,
- 5) взрывание шпуров.

**Изготовление зажигательной трубки** производится в специальном помещении или в специально отведенном месте. Столы, на которых готовят зажигательные трубки, должны быть обшиты войлоком и брезентом или резиной толщиной не менее 3 мм. Столы должны иметь бортики для предохранения капсулей от падения.

Шнур режут на отрезки, соответствующие глубине шпура и глубине расположения боевого патрона. Но, как уже отмечалось, минимально допустимая длина отрезка шнура должна быть не менее 1 м. При этом длина отрезка шнура, которая выходит за пределами шпура, должна быть не короче 15 см. Концы шнуров, подлежащие вводу в детонатор, должны отрезаться под прямым углом, чтобы они плотно прилегали к чашечке капсу-



ля-детонатора. Другие концы шнура – наискось, чтобы лучше обнажить поверхность пороховой сердцевины и облегчить ее поджигание.

Перед тем, как вставить отрезок шнура в капсуль-детонатор, необходимо проверить чистоту внутренней поверхности гильзы. Посторонние частицы следует удалить, постукивая открытым дульцем о ноготь пальца. Продувать капсуль нельзя. Конец отрезка шнура вставляют в капсуль-детонатор до отказа, после чего капсуль-детонатор обжимают специальными щипцами на расстоянии не более 5 мм от края гильзы. Если при изготовлении зажигательной трубки используют детонатор в бумажной гильзе, то после вставки в него огнепроводного шнура, дульце затягивают суровой ниткой на расстоянии не более 10 мм от края, делая при этом не менее двух петель.

В зажигательных трубках, предназначенных для работ в мокрых забоях, место соединения шнура с капсулем обматывают прорезиненной лентой или покрывают мастикой.

**Изготовление боевых патронов** производят только на месте взрыва и в количестве, требующемся только для данного забоя.

Патрон ВВ, предназначенный для изготовления боевика, нужно размять руками и развернуть бумажную оболочку на торце. Затем в патроне по его длинной оси деревянной или медной наколкой нужно сделать углубление, необходимое для помещения капсуля-детонатора зажигательной трубки. Капсюль-детонатор вводят на полную длину. После введения капсуля в патрон края оболочки необходимо собрать в складки и завязать шпагатом вместе со шнуром зажигательной трубки. При изготовлении боевых патронов для работ в мокрых забоях место ввода в них детонатора должно быть изолировано мастикой.

Соединение электродетонатора с патроном ВВ производится аналогично. Однако для того, чтобы натяжение детонаторов проводников не передавалось бы на сам детонатор, патрон вытягивается петлей из детона-

торных проводников, а детонатор устанавливается в патроне только после этого.

Монтаж взрывной сети начинают только после полного окончания заряжания зарядов и забойки всех шпуров или скважин. Монтаж цепи производят всегда от зарядов к источнику тока.

**Очистка шпуров от буровой муки (шлама)** производится бурильщиком. Но если взрывник обнаружит шпур, плохо очищенный от буровой муки и грязи, то очистку шпура обычно он производит сам. Зарядка не производится до тех пор, пока шпур не будет очищен.

Для очистки шпуров применяют специальные ложки, скребки или совки. При наличии сжатого воздуха или водопровода продуваются или промываются.

**Заряжание и забойка шпуров.** Прежде чем приступить к заряжанию шпуров взрывник должен убедиться в том, что в пределах опасной зоны отсутствуют люди. Радиус опасной зоны должен быть не менее 200 м, в подземных выработках это расстояние может быть иным, но каждый раз оно связывается с безопасностью для людей и конкретной обстановкой. Безопасные расстояния для всех механизмов определяются соответствующими инструкциями и положениями Правил техники безопасности. В необходимых случаях для ограждения опасной зоны выставляются посты охраны.

Убедившись в том, что в пределах опасной зоны никого нет, а забой подготовлен к взрыванию, взрывник подает первый предупредительный сигнал (один продолжительный сигнал свистком или сиреной) и приступает к заряжению шпуров.

Для обеспечения хорошей плотности заряжания рекомендуется надрезать оболочку патронов ВВ. Надрезанные патроны аммиачно-селитряных ВВ и приравненных к ним вводят в шпур по одному и прижимают забойником. При этом надрезанные места оболочки разрываются,

патрон расширяется и лучше заполняет сечение шпура. При зарядке восстающих шпуров оболочку патрона надрезать нельзя, нельзя также надрезать оболочку патрона-боевика. Патроны динамита также не подрезаются, но без того уплотняются достаточно хорошо.

Если вес шпурового заряда значительно отличается от веса стандартных патронов ВВ (одного или нескольких), то патроны аммиачно-селитряных ВВ можно резать на части для того, чтобы довести вес шпурового заряда до нужной величины. Производить то же самое с патронами динамита не желательно, хотя существующие Правила безопасности и допускают резку динамитных патронов костяным или медным ножом. Эксудированные, замерзшие и полузамерзшие динамиты резать нельзя.

Патрон-боевик вводят в шпур последним, вводить его нужно очень осторожно, следя за тем, чтобы не нарушить зажигательной трубки или детонаторных проводников электродетонатора. Боевой патрон нельзя уплотнять забойником, так как при этом он может взорваться.

Едиными правилами безопасности при ведении взрывных работ предписывается обязательное применение забойки. Качественная забойка способствует повышению эффективности взрывных работ, снижению расхода ВВ и увеличивает безопасность в производстве работ.

В качестве забоечного материала применяется сухая или влажная смесь глины с песком (в соотношении 1 : 3), песок, породная мелочь, глина или любые другие негорючие порошкообразные или пластичные материалы. В мокрых выработках, направленных вниз, для этих целей используется также и вода. Для забойки горизонтальных и направленных вверх шпуров изготавливают из забоечного материала пыжи длиной около 150 мм. Забойкой заполняют все свободное пространство шпура вплоть до его устья. Первые пыжи забойки вводят без уплотнения, а следующие – со слабым нажатием забойника. Длина забойки должна составлять не ме-

нее 30 % от общей длины шпура, а в опасных по газу или пыли выработках – не менее 50 %.

**Взрывание шпуровых зарядов.** По окончании заряжания и забойки шпуров, взрывник должен еще раз убедиться в том, что в пределах опасной зоны нет людей, должен проверять электровзрывную сеть при электрическом взрывании или подготовиться к зажиганию отрезков огнепроводных шпуров при огневом взрывании. Затем он, подает второй сигнал (боевой) – два продолжительных свистка или гудка. По этому сигналу взрывник при электрическом взрывании уходит в укрытие и включает ток, а при огневом – зажигает шнуры и уходит из забоя.

Сколько бы взрывников не участвовало в подготовке забоя к взрыву, само взрывание или отпалку должен производить только один человек. При электрическом взрывании число одновременно взрываемых зарядов не ограничивается.

При огневом взрывании взрывник должен считать взрыва. Если при этом обнаружится, что какой-нибудь заряд не взорвался, то подходить к забою можно только после завершения его вентиляции, но не раньше, чем через 15 минут после взрыва последнего заряда. Взрывник обязан проверить состояние забоя после взрыва, даже если качество и количество взрывов не вызывают никакого сомнения. Подходить с этой целью к забою разрешается не раньше, чем завершится вентиляция, а при проходке канавы раньше, чем через 15 минут.

Третий сигнал – отбой (три коротких свистка или гудка) подается только после того, как взрывник убедится в полной безопасности всех последующих работ. По этому сигналу снимается ограждение, и разрешается приступать ко всем необходимым работам в пределах данной опасной зоны.

Зарядка, забойка и взрывание шпуровых зарядов в выработках, опасных по газу или пыли, будет значительно более сложным и ответственным делом, чем в обычных условиях.

**Ликвидация отказов** (невзорвавшихся зарядов). Если в забое окажется невзорвавшийся заряд, взрывник обязан немедленно его ликвидировать. Ликвидация отказов производится в следующем порядке.

Из устья шпура извлекают на 10–20 см забойку и, вставив забойник, определяют направление невзорвавшегося шпура. Параллельно ему на расстоянии не менее 30 см бурят один или несколько новых шпуров и, зарядив их, взрывают. Новый шпур или шпуры должны быть заложены в таком месте, чтобы после их взрыва была подорвана порода вокруг отказавшего шпура. Породу осторожно убирают и собирают патроны из подорванного шпура.

Если при электровзрывании не произошло взрыва, взрывник обязан отсоединить концы магистральных проводников от машинки, замкнуть их накоротко и ключ иметь при себе, не оставляя его в машинке. В таких случаях разрешается входить в забой не ранее, чем окончится его вентиляция. Прежде всего, взрывник должен установить причину отказа и найти место неисправности. В тех случаях, когда причина отказа находится вне шпуров, ее нужно немедленно устранить, если же не в порядке шпур (или шпуры), устранять неисправность не разрешается. Такой шпур (или шпуры) ликвидируются как отказавшие. Каждый случай отказа должен регистрироваться в специальном журнале.

#### **4.6. Хранение ВВ**

Специфические свойства взрывчатых материалов требуют хранения их в таких условиях, при которых обеспечиваются удобство и безопасность обращения, а также исключаются хищения, порча и самопроизвольный взрыв.

Хранить ВВ разрешается только в специальных оборудованных в строгом соответствии с Правилами безопасности помещениях и зарегистрированных в органах Государственного горного надзора.

Склады ВМ необходимо располагать на отдельной изолированной площадке, удаленной от жилых и технических зданий и сооружений. Эти склады нельзя одновременно использовать для других целей или хранения иных материалов.

В практике геолого-разведочных работ, в условиях их временного характера или большой подвижности, приходится пользоваться только расходными временными и кратковременными складами ВМ со сроком службы не более 2 лет. При сооружении, оборудовании и оформлении всех складов ВМ следует руководствоваться соответствующими инструкциями и правилами безопасности при взрывных работах. Получение, хранение и учет движения ВМ регламентируются соответствующими положениями.

Хранилища складов могут быть: 1) поверхностные; 2) полууглубленные; 3) углубленные и 4) подземные.

1 – Основания хранилищ расположены на уровне земной поверхности.

2 – Здания хранилищ углублены в землю не более, чем по карниз здания.

3 – Толща грунта над хранилищами менее 15 м.

4 – Толща грунта над хранилищами более 15 м.

**По степени опасности при хранении и перевозке ВМ делятся на следующие группы:**

1. Динамиты с содержанием нитроглицерина свыше 15 %, нефлегматизированный гексоген, тетрил.

2. Аммониты, тротил и его сплавы с другими нитросоединениями, ВВ с содержанием нитроэфиров до 15 %, флегматизированный гексоген, детонирующий шнур.

3. Пороха дымные и бездымные.

4. Детонаторы.

5. Перфораторные снаряды в боевом снаряжении с установленными взрывателями.

Совместное хранение в одном хранилище ВМ различных групп, как правило, запрещается. Во всяком случае, обеспечение надлежащих условий для такого хранения при геолого-разведочных работах весьма трудно.

Огнепроводный шнур, средства его поджигания, а также электровоспламенителя могут храниться совместно с ВМ 2, 3, 4 групп. Детонирующий шнур разрешается хранить совместно с детонаторами.

Совместное хранение в одном хранилище ВВ и СВ допускается только при условии, что количество ВВ не будет превышать 3 т, а детонаторов будет не более 10 000 шт. при соответствующем количестве огнепроводного и детонирующего шнура.

При раздельном хранении ВВ и СВ в хранилища можно помещать до 18 т взрывчатых веществ и 25 000 шт. детонаторов. Соответствующее количество огнепроводного и детонирующего шнура может находиться с детонаторами.

Это расстояние может быть уменьшено в 1,5 раза при обваливании землей одного из хранилищ и в 2,0 раза при обваливании обеих хранилищ.

Не допускается загрузка ВМ в склад более того количества, которое указано в разрешении на хранение.

Склад ВМ должен находиться от построек, сооружений гражданского и промышленного значения, объектов взрывных работ и т.д. на безопасном расстоянии по сейсмическому действию возможного взрыва ВМ, по передаче детонации, по действию воздушной волны и по разлету осколков и обломков.

При сооружении поверхностных складов во внимание принимают только действие воздушной волны и разлет осколков, так как радиусы опасных зон первых двух факторов будут значительно меньшими. К учету принимается максимальное расстояние.

При расчете безопасных расстояний от складов ВВ до населенных пунктов, складов огнеопасных материалов, железных и автомобильных

дорог и сооружений государственного значения применяется третья степень безопасности (для людей при условии взрывных работ на ровной открытой местности – также).

#### **4.7. Транспортировка ВМ**

Высокая чувствительность многих ВМ к механическим и тепловым воздействиям требует осторожности и строгого соблюдения требований безопасной погрузки-выгрузки и транспортировки этих материалов.

Перевозка ВМ с завода на базисный склад или с базисного склада на расходный разрешается только в исправной заводской таре. Ящики, из которых отбирались пробы на базисном складе, пломбируются заведующим этим складом. На них проставляется новый вес или указывается новое количество ВМ, оставшееся в ящике.

Если при получении ВМ обнаружено повреждение тары или расхождение веса, составляется акт с участием представителей заинтересованных сторон и передается следственным органам.

Транспортировка ВМ может осуществляться автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным, гужевым и вьючным транспортом, а также ручной кладью.

Перевозить ВМ вместе с легковоспламеняющимися и другими грузами, как правило, запрещено. Запрещается также совместная перевозка различных групп ВМ (деление ВМ на группы по степени опасности при хранении и перевозке). В отдельных случаях, с разрешения руководителя взрывных работ, допускается совместная перевозка ВМ на повозках, автомобилях, лодках и камерах при соблюдении следующих условий:

общее количество ВМ не должно превышать

- а) взрывчатых веществ 500 кг,
- б) детонаторов 5000 шт.,
- в) детонирующего шнура 500 м,



г) огнепроводного шнура 4000 м,  
д) средств зажигания по потребности,  
е) перфораторных снарядов в боевом снаряжении 200 шт. Вопросам укладки, упаковки и транспортировки ВМ в этом случае уделяется особое внимание.

Перевозка указанными видами транспорта допускается при условии, если транспорт сопровождает вооруженная охрана и ответственное лицо, кому подчинена и сама охрана, и весь персонал. Ответственное лицо должно находиться в кабине передней машины, в передней подводе или при первом вьючном животном. Одно из лиц охраны должно находиться в хвосте транспорта. В головной и хвостовой частях колонны должны быть установлены предупредительные сигналы.

Гужевой и вьючный транспорт должен двигаться шагом, скорость движения автомобилей не должна превышать 20 км/ч, и при плохой видимости – 10 км/ч. Это требование не обязательно выполнять при перевозке ВВ 2 группы и огнепроводного шнура.

Предельный вес ВМ может быть равен грузоподъемности автомобиля. Однако при перевозке динамитов предельно допустимый вес должен быть не более  $2/3$  грузоподъемности автомобиля. Перевозка детонаторов, динамита и дымного пороха на автоприцепах запрещается. Не допускается перевозка на газогенераторных автомобилях и на самосвалах.

Предельно допустимый вес грузов общего назначения, перевозимый наживотных вьючно, равен 20–75 кг. При перевозке на этих животных вьючным способом ВМ предельный вес груза рекомендуется уменьшать на 20–30 %. Перевозка ВМ вьючным способом разрешается во вьючных мешках при надлежащем креплении их и правильном распределении веса, а также при хорошей упаковке ВМ.

Каждый рабочий или взрывник может переносить не более 20 кг ВВ, при одновременной переноске со средствами взрывания количество ВВ

должно быть не более 10 кг. Средства взрывания разрешается переносить только взрывникам.

Лица, виновные в нарушении правил хранения, транспортировки, использования и учета взрывчатых материалов, установленных Едиными правилами при ведении взрывных работ, привлекаются к дисциплинарной или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

## **5. ВЕНТИЛЯЦИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

### **5.1. Способы и схемы вентиляции**

Нормальный атмосферный воздух представляет собой довольно постоянную смесь газов и паров воды. Обычно в сухом атмосферном воздухе содержится около 79 % азота, 20,6 % кислорода и 0,4 % углекислого газа (по объему).

Воздух, заполняющий горные выработки, называется рудничным воздухом. Атмосферный воздух, проходя по подземным выработкам претерпевает ряд химических и физических изменений: с одной стороны, уменьшается содержание кислорода и увеличивается содержание углекислоты за счет дыхания людей, горений ламп, гниения и т.п., а с другой – к воздуху присоединяются выделяемые горными породами вредные газы, образующиеся при взрывных работах, а также пыль. Кроме того, изменяется влажность и температура атмосферного воздуха, его давление и удельный вес. Состав рудничного воздуха отличается более низким содержанием кислорода, обогащен оксидами углерода, метаном, сероводородом, сернистым газом, оксидами азота, имеет более высокую влажность, температуру и содержание пыли.

Вентиляция (проветривание) горных выработок является основным фактором улучшения и оздоровления условий труда и повышения безо-

пасности работ, на нее обращается серьезнейшее внимание. Состав рудничной атмосферы и основные правила вентиляции строго регламентированы Правилами безопасности.

*Согласно технике безопасности* рудничный воздух должен содержать по объему не менее 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа, температура не должна превышать 25°. Задачей вентиляции подземных выработок: 1) обеспечение выработок пригодным для дыхания воздухом, 2) поддержание в них нормальной температуры и влажности.

Существуют два основных метода проветривания горных выработок: 1) проветривание методом естественной тяги системы подземных выработок; 2) принудительное проветривание.

В соответствии с Правилами безопасности при геолого-разведочных работах за счет диффузии (естественным путем) проветриваются горизонтальные выработки протяженностью менее 10 м, а вертикальные – глубиной менее 5 м; подземные горизонтальные выработки протяженностью более 10 м, а вертикальные – глубиной более 5 м при нахождении в них людей должны непрерывно проветриваться с помощью вентилятора.

#### *Проветривание методом естественной тяги системы подземных выработок*

При проветривании методом естественной тяги воздух здесь перемещается по выработкам за счет гравитационных сил при наличии разности высотных отметок устьев двух выработок; направление потока зависит от разности наружной температуры и внутри выработок. Проветривание выработок естественной тягой хотя и достаточно экономично, однако зависит от температуры воздушной среды и не всегда эффективно.

Неглубокие шурфы иногда проветривают за счет скоростного напора ветра, рассечки небольшой длины можно проветривать с помощью продольных перегородок струей воздуха, проходящего, например, по штреку.

### *Принудительное проветривание*

Однако в условиях проходческих работ горная выработка не может проветриваться сквозным воздушным потоком, так как только один ее конец (устье) выходит на поверхность или в другую ранее пройденную выработку; такие выработки называют тупиковыми. Проветривание тупиковых выработок осложнено – подача атмосферного (свежего, чистого) воздуха в такую выработку или удаление из нее загрязненного воздуха осуществляется, как правило, вентиляторами по трубам достаточно большого диаметра, проложенным в этих выработках.

Даже при большом количестве и протяженности подземных разведочных выработок, соединенных с дневной поверхностью одной вскрывающей выработкой, в большинстве случаев их проветривают с использованием вентиляционных труб и вентиляторов так называемого «местного проветривания». Однако проходка второй вскрывающей выработки (шурф, штольня, восстающий, ствол) или скважины большого диаметра может обеспечить эффективную вентиляцию всего комплекса подземных выработок сквозной воздушной струей. Интенсивное проветривание выработок – одно из главнейших условий, обеспечивающих высокую производительность и безопасность горных работ. Проветривание комплекса уже существующих подземных выработок сквозным воздушным потоком наиболее эффективно.

Существует несколько различных схем вентиляции подземных выработок, из них в условиях разведочных выработок наиболее широко используются только три (рис. 25, 26).

**Схема нагнетания.** Свежий воздух при помощи вентилятора подается по трубам к забою выработки, а воздух, содержащий вредные газы, удаляется по самой выработке к ее устью. Призабойное пространство быстро очищается от вредных или ядовитых газов, однако выработка в течение некоторого времени еще заполнена ими, и поэтому в самой выработке

на протяжении всего времени ее вентиляции нельзя работать. Если выработка имеет значительную протяженность, то для ее вентиляции требуется длительное время. Схема нагнетания, в принципе, может быть применена при вентиляции любой горно-разведочной выработки небольшой протяженности, за исключением опасных по газу и пыли выработок, где применение ее весьма ограничено. Для того, чтобы работающий вентилятор не засасывал воздух, выходящий из забоя выработки, его следует устанавливать на расстоянии не менее 10 м от устья выработки.

**Схема всасывания.** Вентилятор отсасывает по трубам воздух, который содержит вредные примеси, а свежий воздух поступает по выработке. Схема применима в любых условиях при любом материале труб, кроме брезентовых.

**Комбинированная схема.** Проветривание здесь производится двумя вентиляторами. Основной вентилятор отсасывает воздух с взрывными газами, а вспомогательный нагнетает свежий воздух в призабойное пространство. Назначение нагнетающего вентилятора – интенсивное перемешивание свежего воздуха с газами взрыва. Нагнетающий вентилятор обычно устанавливают перед парусной или дощатой перемышкой. По мере продвижения забоя перемышку и вспомогательный вентилятор также перемещают. Расстояние от перемышки до забоя принимается от 30 до 60 м. Конец всасывающих труб должен находиться от забоя на большем расстоянии, чем конец нагнетательных труб.

При комбинированной схеме проветривания можно обходиться и без перемышки. Вспомогательный вентилятор, в таком случае, устанавливают у устья выработки по аналогии с основным.

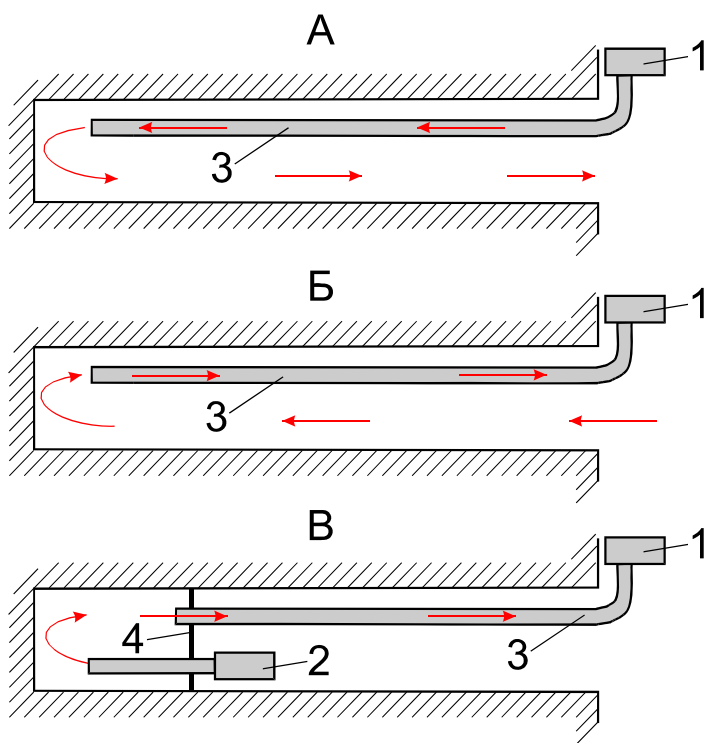


Рис. 25. Схемы вентиляции штольни: а – нагнетательная; б – всасывающая; в – комбинированная; 1 – основной вентилятор; 2 – дополнительный вентилятор; 3 – воздухопровод (вентиляционная труба); 4 – воздухонепроницаемая перегородка

При проходке горно-разведочных выработок, как правило, чаще всего применяют схему нагнетания. В значительной мере это объясняется материалом и качеством применяемых труб (брезентовые и металлические из кровельного железа), а также характером их соединений. Потери воздуха в трубах и в местах соединений их здесь будут значительно меньшими, чем при схеме всасывания, где, кстати, матерчатые трубы вообще нельзя применять.

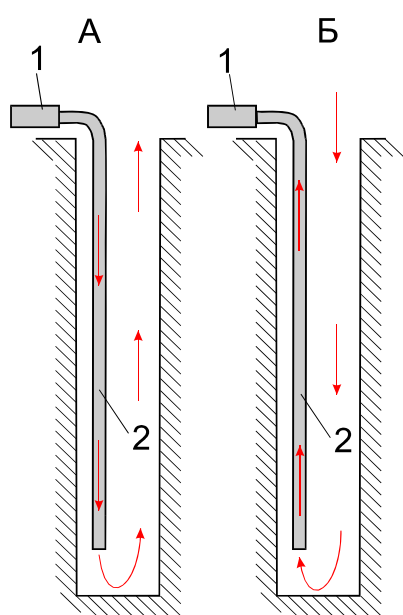


Рис. 26. Схема вентиляции шурфа: а – нагнетательная; б – всасывающая; 1 – основной вентилятор; 2 – воздухопровод (вентиляционная труба)

## **5.2. Оборудование и расчет вентиляции**

### *Вентиляторы*

По роду используемой энергии вентиляторы могут быть с ручным приводом (ручные вентиляторы) и с механическим. Первые имеют довольно ограниченное применение – при проходке шурфов. Вентиляторы с механическим приводом более производительны и могут применяться для вентиляции любых горных выработок.

По принципу работы вентиляторы бывает центробежным и осевыми. Центробежные вентиляторы, как правило, более легкие, монтаж их и установка будут более простыми. Поэтому для вентиляции геолого-разведочных выработок применяются преимущественно они.

Характеристика вентиляторов, применяемых для целей проветривания горно-разведочных выработок, приводится в справочниках. Выбор вентилятора для конкретных условий проветривания рассматривается ниже.

### *Вентиляционные трубы*

При вентиляции горных выработок применяют трубы матерчатые (брезентовые просмоленные или прорезиненные), текстолитовые, пластикатные, железные и, в редких случаях, деревянные, диаметром 200, 300, 400, 500 и 600 мм.

### **Расчет вентиляции и выбор оборудования**

Потребность в свежем воздухе для целей вентиляции горных выработок может определяться по расходу взрывчатых веществ и объему ядовитых газов, которые выделяются при их взрыве.

При взрывных работах в условиях подземных выработок применяются только те ВВ, при взрыве 1 кг которых образуется не более 40 л условной окиси углерода.

В соответствии с Правилами безопасности при всех способах и схемах вентиляции после взрывных работ в выработке необходимо подавать такое количество свежего воздуха, которое обеспечит разжижение ядови-

тых газов (условной окиси углерода) до концентрации 0,008 % за время не более 30 минут. Время вентиляции можно увеличить только в том случае, если проветривание будет производиться в интервале между рабочими сменами.

Количество воздуха, необходимое для вентиляции выработки, определяем по формуле:

$$Q=A \times q \times m \times k/t$$

где:

$A$  – количество ВВ, взрываемое за одну отпалку, кг;

$q$  – объем условной окиси углерода, образующейся при взрыве каждого килограмма ВВ – 0,04 м<sup>8</sup>;

$m$  – коэффициент разжижения окиси углерода – 18 500. Это отношение стопроцентной концентрации окиси углерода в начале вентиляции к допустимой в 0,008 % в конце проветривания;

$k$  – коэффициент, предусматривающий потери воздуха в трубопроводе. Вне зависимости от длины трубопровода, потери воздуха не должны превышать 15 %;

$t$  – время вентиляции – 30 минут.

Если вентиляция выработки входит в состав рабочей смены, то ее продолжительность не должна превышать 30 мин. При соответствующей организации работ вентиляция выработки может быть вынесена за пределы смены. В этом случае ее продолжительность ограничивается размерами интервала времени между двумя сменами или иными соображениями.

Рассчитанное количество воздуха следует проверять на скорость движения воздуха по выработке из формулы:

$$V = Q/S,$$

где:

$v$  – скорость, м/с;

$S$  – сечение выработки, м<sup>2</sup>.



Эта скорость должна быть не менее 0,15 и не более 4,0 м/с. Если скорость движения воздуха по выработке находится вне названных пределов, то расчетное количество воздуха следует изменить в нужном направлении за счет времени вентиляции.

Однако одной потребности в свежем воздухе еще недостаточно для того, чтобы правильно выбрать вентилятор. Кроме этого, нужно знать еще и то сопротивление, которое будет оказывать трубопровод движущемуся по нему воздуху. Сопротивлением самой выработки можно пренебречь, так как оно будет незначительно. В условиях действующих шахт и рудников, которые имеют широкую сеть различных выработок большой протяженности, с сопротивлением самих выработок приходится считаться.

Сопротивление, которое оказывает трубопровод воздуху, равно разности давлений в местах входа воздуха и выхода его из трубопровода. Эта разница в давлениях измеряется в миллиметрах водного столба, она будет тем большей, чем меньшим будет диаметр трубопровода, и чем большей шероховатостью будет обладать его внутренняя поверхность, чем большей будет протяженность трубопровода и чем большее количество воздуха будет по нему проходить в единицу времени:

$$h=4 a LV^2/d,$$

где

$h$  – падение давления в трубопроводе, мм водного столба;

$a$  – коэффициент аэродинамического сопротивления трубопровода, зависящий, как от характера его внутренней поверхности, так и от размеров его поперечного сечения;

$d$  – диаметр трубопровода, м;

$L$  – общая длина трубопровода, м;

$V$  – скорость движения воздуха по трубопроводу, м/с.

Пользуясь техническими характеристиками вентиляторов, которые приведены в справочниках, можно выбрать вентилятор для конкретных условий вентиляции.

## **6. КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

### **6.1. Горное давление**

Горные выработки испытывают воздействие сил, возникающих при нарушении изостатического равновесия в горном массиве в результате создания в нем искусственной выемки. Они проявляются как горное давление.

Характер проявления горного давления зависит от геологических факторов, размеров горных выработок, а также способов проведения последних.

При проведении горных выработок вокруг них происходит перераспределение существующих напряжений, которые вызывают те или иные деформации. Если возникшие деформации не выходят за пределы упругих то выработка может простоять без крепи долгое время.

Однако такие идеальные условия встречаются далеко не всегда. В тех случаях, когда возникающие деформации становятся пластическими, контуры выработки могут изменяться. При дальнейшем развитии деформации происходит разрыв сплошности массива, сопровождающийся выпадением отдельных кусков породы, а иногда обрушением кровли и обвалами стенок.

Чтобы воспрепятствовать развитию чрезмерных напряжений в массиве горных пород и предотвратить разрушение горных выработок применяют различные конструкции, которые называются крепью, а процесс их возведения и установки – креплением.

Установлено, что горное давление изменяется во времени. Вначале оно нарастает довольно быстро, давление этого периода называется **первичным**. Затем его рост постепенно уменьшается и по истечении некоторого времени прекращается; горное давление этого периода называется **вторичным**, или установившимся. На протяжении второго периода в кровле горизонтальных выработок завершается образование трещин и формирование свода обрушения, а величина нагрузки, испытываемая крепью, в дальнейшем оказывается постоянной. Лучше всего результаты горного давления проявляются в горизонтальных выработках.

При проходке горизонтальных выработок горное давление проявляется, главным образом, в кровле выработки и в меньшей мере – со стороны боковых стенок. В некоторых случаях горное давление может проявляться и со стороны подошвы выработки.

Если горизонтальная выработка не закреплена, а породы недостаточно прочны и устойчивы, то по мере обрушения в кровле образуется свод, а бока скашиваются и выработка приобретает подковообразную форму. Наиболее правильная форма свода образуется при однородных породах. С образованием такого свода выработка может простоять довольно долгое время без нового обрушения. Поэтому такой свод называют сводом естественного равновесия. По этой же причине выработка сводовой или трапециевидной формы сечения будут более устойчивы против обрушения, чем выработки, например, прямоугольного сечения. Образование сводов естественного равновесия может быть многократным и по причине буровзрывных работ в близких забоях, и по причине выветривания горных пород, что всегда имеет место в самих выработках. В таком случае новые своды равновесия будут иметь все большие размеры.

## **6.2. Материалы для изготовления рудничной крепи**

Крепление горных выработок производится деревянной, бетонной, каменной и металлической крепью.

Дерево издавна применяется для крепления горных выработок из-за его относительно большого сопротивления механическим нагрузкам, небольшого веса, упругих свойств и легкой механической обработки. При проходке горно-разведочных выработок ему и сейчас отдают предпочтение. Ограниченный срок службы древесины в данном случае вполне обеспечивает безопасное состояние выработки на всем протяжении ее использования. В последнее время при проходке горно-разведочных выработок довольно часто начинают использовать металлическую крепь, но применяют ее преимущественно лишь тогда, когда на месте производства разведочных работ нет крепежного леса, а его доставка будет экономически нецелесообразной. Кроме того, металлическая крепь (бетонная, каменная и т. д.) может применяться при специальных методах проходки в сложных геологических или гидрогеологических условиях.

Для повышения сопротивления деревянной крепи гниению ее пропитывают специальными растворами-антисептиками, которые препятствуют развитию в ней различных гнилостных бактерий и грибков. В качестве антисептиков применяются, например, фтористый натрий, хлористый цинк, уралит, триалит и др.

Для повышения огнестойкости деревянная крепь обмазывается жирным известковым молоком, растворами глины, жидким стеклом.

Для изготовления крепи применяются различные технические сорта леса: бревна, подтоварники, жерди, пластины, брусья, доски и обаполы. Специально рудничными сортами леса являются рудничные стойки, которые готовятся из хвойных пород и имеют длину 0,5–2,0 м (с интервалами в 0,1 м), а затем 2,1–5,0 м (с интервалами через 0,2 м). Их диаметр в верхнем отрезе равен 7,0–25,0 см (с интервалом в 2 см).

По условиям работы крепи часто необходим материал, хорошо сопротивляющийся не только сжатию, но и изгибу. Таким материалом является железобетон – бетон, в который помещена металлическая арматура, в виде каркаса нужной формы и размеров. Железобетонную крепь делают монолитной или сборной. Помимо высокой сопротивляемости механическим нагрузкам, бетон или железобетон должны быть водонепроницаемыми и не поддаваться действию рудничных кислотных вод.

Из остальных крепежных материалов можно назвать различные пластмассы, армированные стекловолокном. Такая крепь, наряду с ее легкостью, устойчивостью к различным механическим нагрузкам и к действию разных химреагентов, пока еще широкого распространения не получила.

### **6.3. Технологии создания крепи**

#### *Крепление горизонтальных выработок*

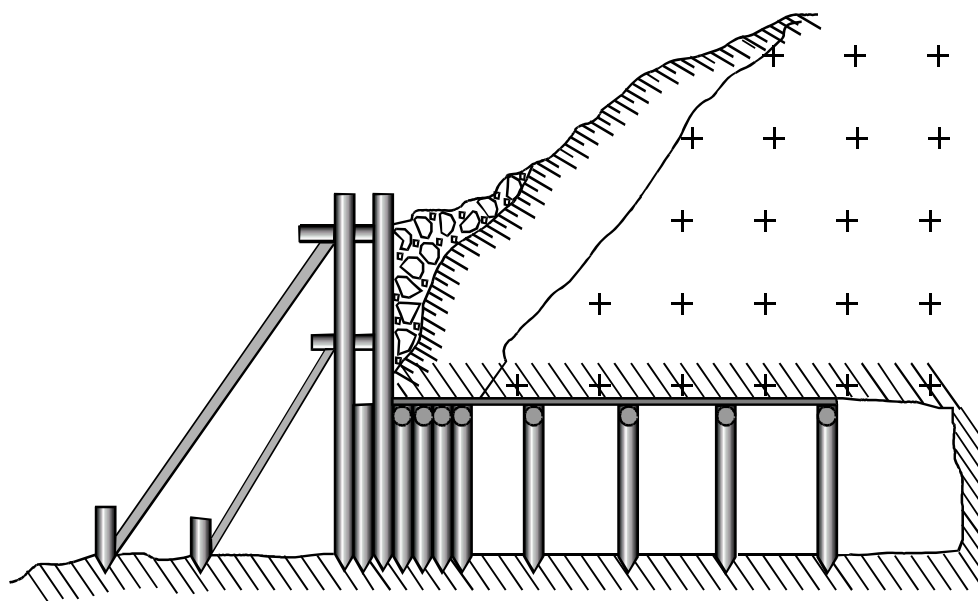
Основной конструкцией деревянной крепи горизонтальных выработок является крепежная рама. Обыкновенная или неполная крепежная рама состоит из верхняка и двух стоек. Стойки чаще всего устанавливаются наклонно (трапециевидная рама). При слабой почве выработок крепежная рама делается полней. В этом случае в ее конструкцию включается еще и лежень. Нужно сказать, что в зависимости от условий проведения, горизонтальной выработки, отдельные элементы крепежной рамы могут отсутствовать или, наоборот, могут быть усилены дополнительными элементами.

Наиболее ходовыми диаметрами крепежного леса являются стойки с диаметром в верхнем отрезе 15–25 см. Расстояние между крепежными рамами определяется исходя из следующих условий:

- а) при неустойчивых породах – крепление сплошное, когда расстояние между рамами равно диаметру крепежных стоек;
- б) при породах средней устойчивости – расстояние между рамами увеличивается до 1 м;

в) при породах очень устойчивых – расстояние между рамами может быть доведено до 1,5–2,0 м;

г) при исключительных по устойчивости породах и иногда на последних метрах выработки – последняя может проходиться без крепления вовсе. В этих случаях сечению выработки целесообразно придавать сводовую форму.



*Рис. 27. Общая схема крепления штольни*

Первые метры выработок типа штолен, которые обычно проходятся или в рыхлых или в неустойчивых породах крепятся сплошной крепью. Далее переходят на крепление в разбежку и наконец последние метры такой выработки, как уже упоминалось, могут проходиться без крепления (рис. 27).

Устьевая часть штольни, кроме того, крепится дополнительно. Различных вариантов такого крепления существует очень много, но все они предохраняют выработку и занятых на ней людей от обрушения горных пород по склону рельефа дневной поверхности.

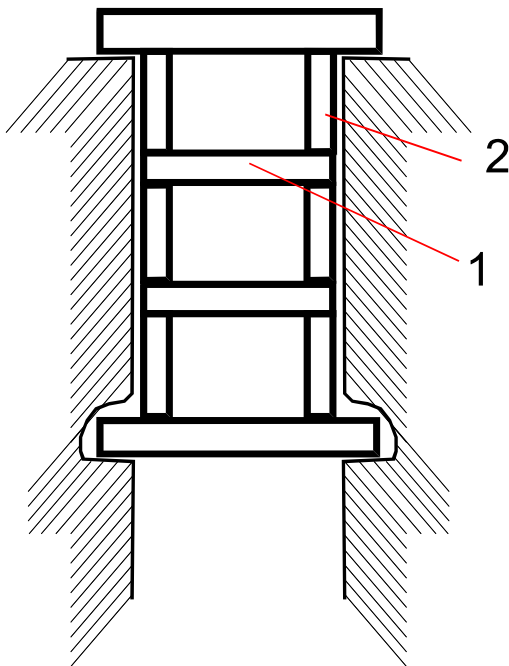
### *Крепление вертикальных выработок*

Основной конструкцией деревянной крепи вертикальных выработок является венец, представляющий собой прямоугольную раму, состоящую из четырех брусьев или бревен. Наиболее ходовыми диаметрами крепежного леса являются стойки с диаметром в верхнем отрезе 15 + 20 см.

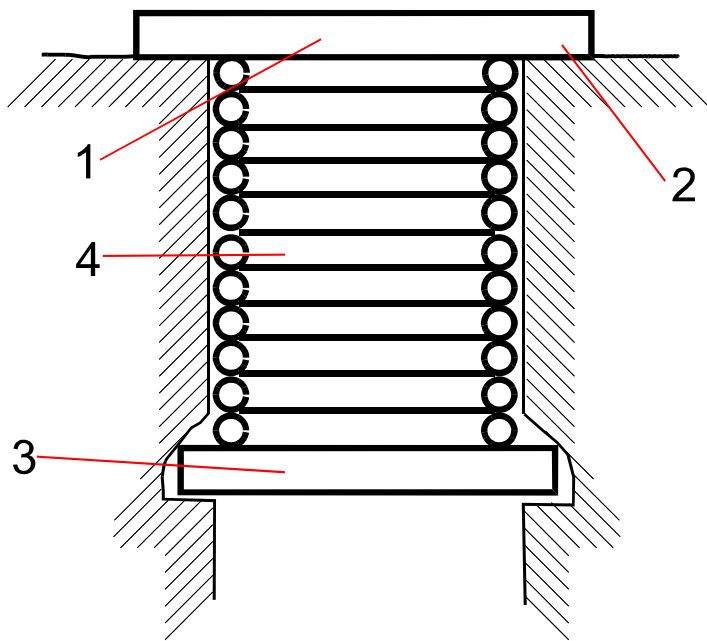
Венцы устанавливаются в горизонтальных плоскостях или вплотную – сплошная венцовая крепь, или на некотором расстоянии друг от друга по оси выработки – венцовая крепь на стойках (бабках) и венцовая подвесная крепь. Элементы венца соединяются между собой замком в лапу. Бабки с венцами соединяются замком в шип (рис. 28, 29).

Сплошная венцовая крепь применяется для крепления шурфов и стволов разведочных шахт, проходимых в породах неустойчивых и среднеустойчивых.

Возводят ее сверху вниз, когда порода не допускает большого отставания крепи от проходки выработки на определенную глубину.



*Рис. 28. Крепление шурфа вразбежку на бабках (стойках): 1 – венцы, 2 – бабки*



*Рис. 29. Сплошное венцовое крепление шурфа на пальцах: 1 – рама, 2 – палец рамы, 3 – основной венец, 4 – венец*

При проходке шурфов и стволов шахт в слабых породах сплошная венцовая крепь возводится вслед за продвижением забоя. В устье выработки укладывается первый венец, имеющий пальцы (выступающие части стоек) со всех четырех сторон. Этот венец является одновременно и основной проходческой рамой, по которой затем проверяется качество, как проходческих, так и крепежных работ. По мере углубки выработки нижний венец, лишенный пальцев, подводится по частям под венец расположенный выше; при этом каждый последующий венец подвешивается к установленному металлическими скобами.

Сплошная венцовая крепь, когда она возводится снизу вверх, применяется при проходке вертикальных выработок в породах, позволяющих проходить эти выработки без крепления в интервале до 4–5 м. Состоит она из основных венцов, которые по своим коротким стойкам имеют пальцы, и венцов вспомогательных, которые пальцев не имеют. Длина пальцев берется от 0,3 м в более прочных породах до 0,8 м в породах менее прочных. Пальцы заводятся в лунки, которые устраиваются в соответствующих



стенках выработки. При всём следует отметить, что лунки могут выполняться, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости.

После проходки определенного участка выработки сначала устанавливается в лунках основной венец, а затем вспомогательными венцами наполняется пройденный интервал между двумя смежными основными венцами. Венцы, в зависимости от глубины врубки замка, могут располагаться по отношению друг к другу или вплотную, или же с некоторым промежутком. Промежутки между венцами необходимо оставлять при вспучивающихся глинистых породах для предотвращения поломки венцов.

Венцовая крепь на стойках (или бабках) применяется для крепления вертикальных выработок в устойчивых породах, которые позволяют проходить выработку до 10 м без крепления. Возводится она снизу вверх по мере углубления выработки на величину звена. При этом способе крепления вначале устанавливается своими пальцами в лунках нижней основной венец. Размер пальцев, характер и назначение лунок остаются прежними. Затем на коротких вертикальных стойках длиной в 0,8–1,0 м, устанавливаются вспомогательные венцы, которыми и заполняется весь пройденный интервал. Диаметр вертикальных стоек (бабок) обычно берется на 2–3 см меньшим по сравнению с диаметром стоек венца.

Подвесная венцовая крепь применяется приблизительно в тех же условиях, что и венцовая крепь на бабках, но возводят ее сверху вниз. Последнее означает, что выработку можно крепить непосредственно вслед за ее проходкой, не ожидая пока будет пройден необходимый интервал в 4–10 м. Поэтому, по соображениям организации горно-проходческих работ и их цикличности, этому обстоятельству следует уделять внимание при окончательном выборе способа крепления вертикальной горной выработки. Расстояние между венцами здесь, как и при предыдущем способе, берут порядка 0,8–1,0 м. Пальцы, лунки и остальные детали будут такими же.

Плоскости венцов при любом виде венцовой крепи должны быть строго горизонтальны и тщательно расклинены. Стенки должны быть вертикальными, а диагонали сечения должны быть всегда одинаковыми. Пространство между венцовой крепью вразбежку и стенками выработки затягивается досками, или горбылем и забучивается отработанной горной породой.

Любая вертикальная выработка (шурф или шахтный ствол) в устьевой части, проходимой обычно по рыхлым наносам, крепится сплошной венцовой крепью, затем переходя на венцовую крепь вразбежку и, наконец, ее последние метры не крепятся вовсе. Форма сечения при этой остается прямоугольной. Только в эксплуатационных выработках или в тех разведочных, из которых проходятся другие выработки, не имеющие непосредственного выхода на поверхность, крепление может доходить до самого забоя.

## **7. ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Поверхностные горно-разведочные выработки легкого типа, проводимые, как правило, в пределах светового дня, в дополнительном освещении не нуждаются. Освещать приходится лишь подземные выработки.

Хорошее и рациональное освещение выработок имеет очень большое значение, так как от него в значительной степени зависят санитарные условия труда и безопасность работ, производительность труда и качество выполняемой работы.

Наибольшая освещенность предусматривается в камерных выработках, в которых размещены работающие машины (в частности, буровые станки), а в призабойном пространстве при бурении шпуров, креплении, погрузке и выполнении других проходческих работ.

Для освещения подземных горных выработок применяют следующие источники света:

- 1) стационарные, действующие на протяжении всего срока службы выработки;
- 2) полустационарные, которые по мере продвижения забоя могут перемещаться;
- 3) местные, при которых осветительная установка монтируется на горно-проходческих машинах или механизмах;
- 4) переносные или индивидуальные.

В качестве стационарных, полустационарных и местных светильников используются сетевые электрические светильники с лампами накаливания или люминесцентными лампами. Переносные лампы могут быть пламенными (бензиновые и ацетиленовые) и аккумуляторными.

Переносные лампы являются основным источником света не только в горно-разведочных выработках, но и в очистных и подготовительных забоях эксплуатационных выработок. Спуск в шахту и передвижение людей по выработкам, а также производство работ без горячей переносной лампы запрещается.

Достаточная освещенность будет достигнута, если между светильниками мощностью 60–100 Вт будут выдержаны следующие расстояния:

- 3–4 м – в камерах, на подстанциях, на рудничных дворах;
- 5–6 м – в забоях очистных, подготовительных и горно-разведочных выработок;
- 15–20 м – в выработках с механической откаткой и доставкой, в людских ходках.

По всему стволу вертикальной выработки подвешиваются светильники мощностью 60–100 Вт через каждые 20–30 м. Кроме того, забой, стационарные и подвесные полки этих выработок освещаются дополнительно из расчета 10–15 Вт на каждый квадратный метр площади забоя или полка.

С целью увеличения освещенности повышают отражательную способность стен выработок путем их побелки.

На забое применяют лампы накаливания при напряжении 36 В, в остальной части выработки – 127 В, и лишь при использовании люминесцентных ламп допускается напряжение 220 В.

## **8. ВОДООТЛИВ ИЗ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Приток воды в поверхностные горные выработки (канавы, расчистки и т. п.) обуславливается исключительно атмосферными осадками. Водоотлив из таких выработок, в тех случаях, когда им приходится заниматься, обычно серьезных трудностей не представляет.

Водоприток подземных горных выработок зависит от обводненности месторождения и напора вод во вмещающих породах, от времени года. Приток воды в подземные горно-разведочные выработки обычно не превышает 10 м<sup>3</sup>/ч, в ряде случаев он может быть значительно меньшим, реже он достигает 40–50 м<sup>3</sup>/час и более.

Вода в забое выработки является одним из основных факторов, снижающих скорость и производительность горных работ, увеличивающих стоимость проходки горных выработок. Успешная работа с водой в значительной мере решает успех проходческих работ. Совокупность мероприятий и устройств, служащих для удаления воды из выработки на дневную поверхность, называется водоотливом при проходке выработки или сокращенно – водоотливом.

Самотеком вода удаляется из наклонных выработок, проходимых снизу вверх (восстающих), а также из горизонтальных выработок, подошве которых придается продольный уклон от 2° до 8° в сторону устья. При этом в подошве горизонтальной выработки устраивают водоотводные канавки. При вскрытии разведочного поля штольнями вся вода, поступившая

в подземные выработки, уровень которых расположен выше высотной отметки устья штольни, удаляется на поверхность самотеком.

При значительных водопритоках в процессе проведения шурфов и стволов шахт вода удаляется из забоя выработки проходческими электрическими или пневматическими насосами по трубопроводам. Наибольшей подачей характеризуются стационарные насосные установки, которые размещают в подземных выработках, расположенных на разведочных горизонтах около стволов. Такие установки предназначены для откачки на поверхность по трубопроводам всей воды, поступающей из выработок горизонта.

При небольших водопритоках вода из вертикальной выработки может удаляться вместе с отработанной породой, для сбора просачивающейся воды в таком случае можно также устроить небольшой зумпф.

## **9. ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ И ЛИКВИДАЦИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Любые горные работы связаны с негативным воздействием на природную среду (ПС) и, прежде всего, это связано с тем, что если ПС формируется весьма длительное время, за которое ее компоненты достигают некоторого равновесного состояния, то техногенные воздействия весьма быстротечны и по своим последствиям носят разрушительный характер. Страдают в первую очередь растительный и почвенный покров, природные ландшафты. Поэтому на всех стадиях геолого-разведочных работ предусматриваются мероприятия, как по снижению этого воздействия, так и по выполнению рекультивации нарушенных земельных участков.

Наибольшие негативные последствия имеют открытые работы. Ранее, например, широко практиковалась проходка канав с применением взрыва на выброс, что приводило к нарушению и загрязнению больших

площадей. В настоящее время этот способ проходки запрещен. В связи с этим же не рекомендуется проходка канав бульдозерами.

При канавных работах осуществляется снятие плодородного слоя в пределах, как контура выработки, так и площади отвалов грунта. Почва складывается в бурты или ленточные отвалы. После документации и опробования канавы засыпаются материалом из отвалов с перекрытием слоем плодородных почв.

Подземные работы, также сопровождаются нарушениями ПС и, прежде всего, в пределах производственных площадок. Поэтому здесь также предусматривается предварительное снятие плодородного слоя и последующая рекультивация. Формируются временные отвалы в пределах этих площадок, которые после завершения проходческих работ разбираются на засыпку шурфов, распределяют по поверхности при планировке. После демонтажа оборудования и сооружений грунт, бывший под ними, перепаживается и перекрывается почвами из буртов.

Постоянные отвалы крупных горнорудных предприятий подлежат технической или лесохозяйственной рекультивации с целью борьбы с эрозией и пылением.

Влияние горно-разведочных работ ввиду их сравнительно небольших объемов на атмосферу и гидросферу незначительно, поэтому на эти компоненты природной среды специальных мероприятий не предусматривается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брылов С.А. Горно-разведочные и буровзрывные работы : учебник для вузов / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комащенко. – М. : Недра, 1989. – 287 с.
2. Единые нормы выработки на горнопроходческие работы. – М. : Недра, 1969. – 440 с.
3. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. I. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1974. – 200 с.
4. Оксененко В.П. Проходка горно-разведочных выработок / В.П. Оксененко. – Ч. II. – Воронеж, 1974. – 146 с.
5. Прокофьев А.П. Технические средства разведки месторождений твердых полезных ископаемых / А.П. Прокофьев. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1975. – 232 с.
6. Советов Г.А. Основы бурения и горного дела / Г.А. Советов, Н.И. Жабин. – М. : Недра, 1991. – 368 с.
7. Шехурдин В.К. Горное дело : учебник для техникумов / В.К. Шехурдин, В.И. Несмотряев, П.И. Федоренко. – М. : Недра, 1987. – 440 с.

*Учебное издание*

**Ильяш Валерий Владимирович,  
Стрик Юрий Николаевич**

## **ПРОХОДКА ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК**

**Учебное пособие для вузов**

**Редактор И.Г. Валынкина**

Подписано в печать 28.05.08. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 6,51.  
Тираж 50 экз. Заказ 832.

Издательско-полиграфический центр  
Воронежского государственного университета.  
394000, г. Воронеж, пл. им. Ленина, 10. Тел. 208-298, 598-026 (факс)  
<http://www.ppc.vsu.ru>; e-mail: [pp\\_center@ppc.vsu.ru](mailto:pp_center@ppc.vsu.ru)

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического центра  
Воронежского государственного университета.  
394000, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 3. Тел. 204-133.