

## **ЛЕКЦИЯ**

**Проведение горизонтальных выработок.**

**Расчет поперечного сечения**

**Способы проведения выработок** определяются следующими факторами: углом наклона выработки, площадью её поперечного сечения и формой, направлением проведения (вверх, вниз), крепостью пород и характером забоя (рудный, породный, смешанный). Различают две основные группы проведения выработок.

**Способы**, применяемые для проведения выработок в устойчивых породах, которые позволяют свободно обнажать забой и бока выработки, называют **обычными**. **Способы**, применяемые для проведения выработок в слабых, неустойчивых породах (пывучих или сильно обводнённых, сыпучих), а также в породах крепких, но дающих при пересечении их весьма большие притоки воды или газа, т.е. в сложных горно – геологических условиях, называют **специальными**.

Обычным способом проходят выработки в однородной крепкой породе, в однородной мягкой породе или в неоднородных породах.

Неоднородными считаются породы, когда в забое имеются породы, неоднородные по своим физико – механическим свойствам, т.е. забой продвигается в двух – трёх пластах.

*Формы и размеры поперечного сечения горизонтальных выработок.*

Горизонтальные выработки чаще всего имеют трапецевидную и сводчатую формы поперечного сечения. Площадь поперечного сечения горизонтальных выработок определяют в зависимости от их назначения, размеров транспортного оборудования, числа рельсовых путей, способа передвижения людей, количеством пропускаемого воздуха. Зазоры между крепью и подвижным составом принимают в соответствии с ЕПБ.

Расстояние от крепи до наиболее выступающих частей подвижного состава со стороны прохода людей должно быть не менее 0,7 м, а с противоположной стороны - 0,25 м при деревянной и металлической крепи и 0,2 м при каменной и бетонной крепи. Зазор между подвижными составами в двухпутных выработках должен быть не менее 0,2 м.

В местах посадки людей в пассажирские поезда свободный проход между крепью и подвижным составом должен быть не менее 1 м по всей длине состава.

Ширину однопутной выработки в свету на уровне верхней кромки подвижного состава определяют по формуле:

$$B = a+b+d, \text{ м,}$$

для двухпутевой выработки формула имеет вид:

$$B = a+b+c+2d, \text{ м.}$$

где:  $a$  – зазор для свободного прохода людей, м;

$b$  – зазор между подвижным составом и крепью, м;

$c$  – зазор между встречными составами, м;

$d$  – наибольшая ширина подвижного состава, м.

Высота выработки, считая от головки рельсов, при откатке контактными электровозами определяется из выражения:

$$H = h_1 + h_2 + h_3', \text{ м,}$$

где:  $h_1$  - расстояние от головки рельсов до контактного провода, не менее 1,8 м при механической доставке людей;

$h_2$  - расстояние от контактного провода до крепи выработки (не менее 0,2 м).

$h_3$  - расстояние от подошвы выработки до головки рельсы.

На закруглениях свободный проход для людей, а также расстояние между осями путей увеличивают в зависимости от радиуса закругления и жесткой базы подвижного состава. Для выработок с радиусом закругления 10 – 15 м уширение принимается равным 200 – 300 мм.

Высота выработки в черне будет больше высоты выработки в свету на толщину крепи и толщину затяжки.

Площадь поперечного сечения выработки в проходке находят путем увеличения площади сечения в черне на 5 – 8% (за счет излишне вытянутой породы).

Площадь поперечного сечения выработки с коробовым сводом:

$$\text{в свету: } S = B (h_2 + 0.26B);$$

$$\text{в черне: } S = (h_2 + 0.26B_1).$$

где:  $B$  и  $B_1$  – ширина выработки соответственно в свету и вчерне;

$h_2$  – высота выработки вчерне.

Полученную площадь поперечного сечения выработки в свету проверяют на способность пропускать необходимое количество воздуха для проветривания.

Проведение выработок в крепких породах осуществляют буровзрывным способом, в мягких – с использованием проходческих комбайнов. В зависимости от площади поперечного сечения их проводят сплошным или уступным забоем. Сплошным забоем проводят выработки с площадью поперечного сечения не более 12 – 16 м<sup>2</sup> по однородным породам, уступным – выработки с большей площадью поперечного сечения или по неоднородным породам.

Площади сечения прямоугольных, трапецевидных, коробчатых выработок и периметры выработок в конспекте «Проектирование проведения горных выработок» стр. 21

### **Организация работ при проведении выработок.**

При проведении горных выработок различают два вида горнопроходческих процессов: основные и вспомогательные.

**Основные процессы** – это такие процессы, которые выполняют в забое проводимой выработки и относятся непосредственно к проведению и креплению выработки.

**К вспомогательным процессам** относят процессы, которые обеспечивают нормальные условия для выполнения основных проходческих операций.

При проведении выработки буровзрывным способом к основным процессам относятся: бурение шпуров, погрузка горной массы и крепление выработки; к вспомогательным – настилка путей, устройство разминовок,

устройство водоотливной канавки, наращивание или передвижка конвейеров, прокладка труб и кабелей. Заряжание и взрывание зарядов ВВ в шпурах, проветривание забоя и подготовительно – заключительные операции относят к технологическим перерывам.

В зависимости от принятого способа организации работ основные проходческие процессы выполняют последовательно или некоторые из них совмещают во времени и ведут параллельно.

Все горнопроходческие процессы в совокупности составляют цикл.

**Проходческим циклом** называют совокупность основных горнопроходческих процессов, необходимых для продвижения выработки на заданную величину за определенный промежуток времени (обычно кратный смене). Время выполнения одного цикла работ называют продолжительностью цикла. Чем больше будет выполнено циклов в месяц при одинаковом продвижении забоя за один цикл, тем больше будет скорость проведения выработки. Графическое изображение последовательности и времени выполнения проходческих операций называется **циклограммой**.

Вспомогательные операции обычно выполняют параллельно с основными. Они не влияют на продолжительность цикла, но обязательно увязываются с основными операциями. Циклограммы разрабатывают с расчетом достижения наибольшей скорости проведения выработки. Чем она выше, тем меньше затраты на проведение выработки и больше темпы подготовки запасов полезного ископаемого для очистной выемки.

Продолжительность выполнения каждой проходческой операции можно определить из следующих выражений.

Время обурирования забоя:

$$t_6 = 60 \frac{N \times l}{n_6 \times v_0}, \text{ мин,}$$

где: N – число шпуров;

$l$  – средняя глубина шпуров, м;

$v_0$  – скорость чистого бурения, мм/мин

$n_6$  - число одновременно работающих в забое перфораторов.

Сменную производительность бурения определяют по формуле:

$$P_6 = \frac{(T - T_{пз}) \cdot v_0 \cdot k_6}{1000}, \text{ м/см},$$

где:  $T$  – продолжительность смены, ч;

$T_{пз}$  – продолжительность подготовительно – заключительных операций (15 – 30 мин);

$v_0$  – скорость чистого бурения, мм/мин;

$k_6$  – коэффициент использования общего времени на бурение (0,6 – 0,7).

Время зарядания шпуров:

$$t_3 = N \times t_{зар}; \text{ мин}$$

где:  $N$  – число шпуров в забое;

$t_{зар}$  – время зарядания одного шпура, мин (1,5 – 2,5 мин).

Продолжительность проветривания забоя принимают 20 – 30 мин.

Продолжительность погрузки породы определяют по формуле:

$$t_{п} = 60 \cdot \eta \cdot \frac{S \cdot l}{k \cdot P_{п}}, \text{ мин},$$

где:  $\eta$  – коэффициент использования шпура (к. и. ш.);

$S$  – площадь сечения выработки в проходке, м<sup>2</sup>;

$l$  – средняя глубина шпуров, м;

$k$  – число одновременно работающих погрузочных машин;

$P_{п}$  – средняя производительность погрузки, м<sup>3</sup>/ч.

### **Комплект шпуров и их глубина**

Комплектом шпуров называют наимыгоднейшее (минимальное) число пробуренных в забое шпуров, обеспечивающих при данном взрывчатом веществе и прочих равных условиях наиболее высокий коэффициент использования шпуров (к.и.ш.) при взрыве.

**Коэффициентом использования шпуров** называют отношение подвигания забоя за взрыв к средней глубине шпуров в комплекте. Обычно

величину этого коэффициента принимают равной 0,85 для руд средней и выше средней крепости и 0,9 для руд ниже средней крепости.

Таблица 4.1

Рекомендуемые КИШ и коэффициент заполнения шпура ВМ в зависимости от крепости массива

Значения/крепость	3-4	5-6	7-9	10-14	15 и бол
$\eta_{шп}$	0,95	0,92	0,90	0,88-0,85	0,85-0,
$K_3$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Величина к.и.ш. зависит от числа шпуров в комплекте и схемы их расположения, которые в свою очередь зависят от физико - механических свойств горных пород и площади сечения выработки. Поэтому очень важно знать наивыгоднейшее число шпуров и их расположение в забое горной выработки.

Необходимое число шпуров на забой определяют по формуле проф. Протоdjяконова:

$$N = 2,75S \sqrt{\frac{f}{S}},$$

где: S – площадь поперечного сечения выработки в проходке, м<sup>2</sup>;

f – коэффициент крепости пород.

Указанная формула дает более правильные результаты для горных пород выше средней крепости, поэтому её целесообразно применять для пород с крепостью выше 10 – 12, для менее крепких пород (менее 10) следует пользоваться уточненной формулой проф. В.И. Богомоллова (стр. 60 Астафьев Ю.П.)

$$N = 2,3S \sqrt{\frac{f}{S}},$$

где: S – площадь сечения выработки в проходке, м<sup>2</sup>;

$f$  – коэффициент крепости пород.

Количество шпуров в выработке в зависимости от площади сечения выработки (вчерне) и крепости пород в таблице 4.2.

Глубина шпуров является важным параметром, от которого зависит подвигания забоя за цикл и его продолжительность, скорость проведения выработки, трудоемкость работ. При расчетах глубину шпуров более правильно определять, руководствуясь завершением проходческого цикла за определенный (установленный) промежуток времени. Так при выполнении цикла за одну рабочую смену, среднюю глубину шпуров можно определить с формулы, м:

$$l_{ш} = \frac{T_{см} - (t_{зар} + t_{пр})}{\frac{N}{n_б \times v_0} + \frac{S \times \eta_{шп} \times \varphi}{\Pi_{пр}}}$$

где  $T_{см}$  – длительность рабочей смены или цикла, мин.;  $N$  – количество шпуров, шт.;  $t_{зар}$  – время зарядания одного шпура (принимают 2 - 2,5 мин. при ручном зарядании и 0,8 - 1,0 мин при пневмозарядке), мин.;  $t_{пр}$  – время на подрыв и проветривания забоя (при выполнении этих операций в междуменный перерыв это время не учитывается), мин.;  $n_б$  – количество буровых машин в забое, шт.;  $v_0$  – скорость чистого бурения, мм/мин (табл. 4.3);  $S$  – сечение выработки в проходке, м<sup>2</sup>;  $\eta$  – коэффициент использования шпура;  $\varphi$  – коэффициент совмещения операций по бурению шпуров и уборки горной массы (его принимают 0,6 - 0,8 при совмещении этих работ и 1,0 - при последовательном их выполнении);  $\Pi_{пр}$  – производительность на уборке и погрузке горной массы (определяют согласно нормам выработки), м<sup>3</sup>/ час.

Общая длина шпуров на обустройство выработки рассчитывается:

$$L_{ш} = \frac{N \times K_{пер}}{\eta}$$

где  $N$  – количество шпуров;  $K_{пер} = 1,03 - 1,05$  – коэффициент перебура шпуров;  $\eta$  – к.и.ш.



Расход ВВ на расчетную величину подвигания забоя за цикл определяют по формуле:

$$Q = q \times S \times l \times \eta, \text{ кг}$$

где:  $q$  – удельный расход ВВ на 1 м<sup>3</sup> породы, кг;  $S$  – площадь поперечного сечения выработки;  $l$  – длина шпура;  $\eta$  – к.и.ш.

Расходы ВР принимают по данным практики или определяют по расчетам, пользуясь эмпирическими формулами. Близкие к фактическим данным практики горнорудных предприятий удельные затраты ВВ в кг / м<sup>3</sup> получают из формул, предложенных А.И. Стешенко и М.М. Протодяконова:

$$q = \frac{0,43 \times N \times l_{\text{ш}}}{V} \times \sqrt{\frac{N \times l_{\text{ш}}}{V}};$$

$$q = \frac{q_0 \times K_c \times v}{\delta}.$$

где  $N$  – количество шпуров;  $l_{\text{ш}}$  – глубина шпуров;  $V = S \times l_{\text{ш}} \times \eta$  – объем горной массы, которую отбивают за один взрыв, м<sup>3</sup>;  $q_0$  – нормальные расходы ВВ, кг/м<sup>3</sup> (см. табл. 4.4);  $K_c$  – коэффициент, учитывающий структуру горного массива (принимают равным: 2,0 - для вязких и упругих пород; 1,4 - для мелкотрещеноватых пород; 1,3 - для сланцевых пород с переменной прочностью);  $v$  – коэффициент зажатия, который равен:  $v = 6,5 \times \sqrt{S}$  – при одной обнаженной поверхности и  $v = 1,2 - 1,5$  – при наличии двух обнаженных поверхностей;  $\delta$  – коэффициент относительной работоспособности ВВ (см. табл. 4.5).

Таблица 4.4

Нормальные расходы ВВ, кг/м<sup>3</sup>

Крепость массива	20 - 15	14 - 10	8	6 - 4	3 - 2
Нормальный расход ВВ кг/м <sup>3</sup>	1,5 – 1,2	1,1 – 1,0	0,8 – 0,7	0,6 – 0,4	0,3 – 0,2

Таблица 4.5

## Коэффициент относительной работоспособности ВВ

Виды ВВ	Плотность заряжания	Относительная работоспособность
Аммонит скальный №1	1,00 - 1,20	1,24
Аммонит скальный №3	1,0 – 1,10	1,25
Детонит М	1,0 – 1,20	1,22
Грамонал А-8	0,85 – 1,0	1,20
Гранулит АС-9	0,90 – 1,10	1,12
Аммонал водостойкий	0,95 – 1,10	1,10
Гранулит АС-4	0,85 – 1,20	1,02
Аммонит 6ЖВ	1,0 – 1,20	1,0
Зерногранулит 79/21	0,90 – 1,10	1,0
Динафталит	1,0 – 1,20	0,89
Гранулит М	0,90 – 1,20	0,88
Игданит	0,90 – 1,10	0,89

## **Типы врубов и схемы расположения шпуров**

(Астафьев Ю.П. стр. 62)

Рациональное расположение шпуров позволяет получить наибольший эффект от их взрывания при заданных размерах и форме поперечного сечения выработки.

Расположение шпуров в забое определяется физико – механическими свойствами горных пород, условиями их залегания и размерами поперечного сечения выработок.

Шпуры, входящие в комплект, подразделяются на врубовые, отбойные и оконтуривающие.

**Врубовыми** называются шпуры, заряды которых, взрываясь первыми, создают дополнительную обнаженную полость и облегчают работу зарядов остальных шпуров.

**Отбойными** называют шпуры, заряды которых взрывают после врубовых. Предназначены для расширения вруба и облегчающие работу оконтуривающих шпуров.

**Оконтуривающими** называют шпуры, пробуренные по периметру выработки и придающие ей необходимую форму сечения. Заряды этих шпуров взрывают последними. В крепких породах устья оконтуривающих шпуров должны располагаться на расстоянии 15 – 25 см от стенки, кровли и подошвы выработки, а донная часть их выходит за контур выработки на величину  $l(1-\eta)$ , где  $l$  – глубинна шпура, а  $\eta$  – к.и.ш.

В породах ниже средней крепости и очень трещиноватых забои оконтуривающих шпуров должны располагаться на контуре выработки или не достигать его на расстоянии 10 – 15 см.

В практике проведения горных выработок применяют следующие типы врубов:

**пирамидальный** применяют в монолитных крепких породах. Примерное соотношение между врубовыми, отбойными и оконтуривающими шпурами составляет 1:1:3;

**вертикальный клиновый** – применяют в породах однородного строения с вертикальным направлением трещиноватости или напластования. Примерное соотношение между группами шпуров 1:0,5: 2;

**горизонтальный клиновый** – применяют в однородных породах с горизонтальным напластованием или трещиноватостью. Соотношение между группами шпуров 1:0,5:1,5.

**нижний клиновый** – применяют при проведении выработок по слоистым и трещиноватым породам, имеющим падение слоев на забой. Примерное соотношение между группами шпуров 1: 2.

**верхний клиновый** – применяют в тех же условиях, что и нижний клиновый вруб, но при падении слоев (трещин) от забоя;

**боковой** – применяют при проведении выработки по слоистым породам с крутым падением или при проведении выработок по контакту пород;

**призматический** – применяют в крепких однородных породах. Центральный шпур иногда не заряжается и служит дополнительной обнаженной плоскостью;

**щелевой** – применяют в породах средней крепости и при площади забоя менее 4м<sup>2</sup>.

**ярусный** – предложенный сотрудниками Криворожского института НИГРИ, применяют при проходке выработок в крепких, вязких и трудно взрываемых породах. Состоит из шести параллельных шпуров, расположенных по окружности. Шпуры вруба разделяют на два яруса. Первый ярус состоит из трех шпуров глубиной, равной половине шпуров второго яруса. Второй ярус состоит также из трех шпуров глубиной, равной глубине обычных врубовых шпуров. Диаметр окружности врубовых шпуров выбирается в зависимости от горно – геологических условий и равен 400 – 550мм.

Шпурсы первого яруса заряжают на полную глубину, шпурсы второго ряда заряжают в донной части так, чтобы расстояние между зарядами первого и второго ярусов по

оси вруба находилось в пределах 100 – 150 мм. Взрыванием зарядов первого яруса

образуется врубовая полость и запрессовывается незаряженная часть второго яруса. Это создает благоприятные условия для высокоэффективной работы зарядов второго яруса и создания хорошего вруба. К.И.Ш. при этом значительно выше чем при остальных врубах и в аналогичных условиях составляет 0,9 – 1.

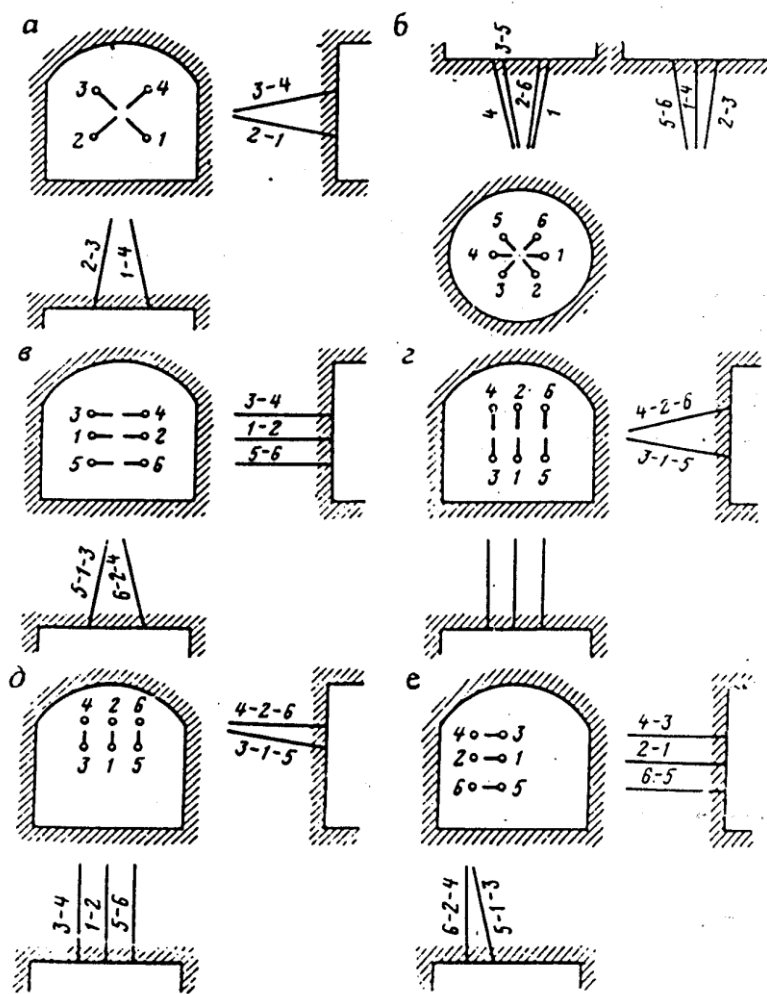


Рис. 1. Врубы

*а* – пирамидальный; *б* – конусообразный; *в* – вертикальный клиновой;

*г* – горизонтальный клиновой; *д* – верхний; *е* – боковой левый