

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗМЕРЫ БУРИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

О. Д. АЛИМОВ, А. С. СИМОНОВ, В. М. ЗАХЛЕБНЫЙ

(Представлено проф. докт. техн. наук Алабушевым П. М.)

В угольной промышленности для бурения шпуров при проведении капитальных и подготовительных горных выработок в основном применяются пневматические бурильные молотки и колонковые электросверла.

Увеличение производительности бурильных работ при этой технике возможно за счет следующих мероприятий: во-первых, за счет увеличения машинной скорости бурения шпуров, что позволит уменьшить затрату времени на бурение каждого шпура; во-вторых, за счет уменьшения времени на вспомогательные работы (установка машины, смена буров и проч.); в третьих, за счет совмещения бурения нескольких шпуров по времени.

Увеличение машинной скорости бурения шпуров, при условии работы машины на оптимальных режимах, требует увеличения затрачиваемой мощности, а следовательно, приводит к увеличению габаритов и веса машины. Габариты бурильной машины, в свою очередь, ограничиваются размерами подземных выработок. Увеличить вес машины без увеличения трудоемкости ее обслуживания можно только при создании совершенных манипуляторов для установки машины в забое. Установка бурильных машин на манипуляторах позволяет сократить затраты времени на вспомогательные работы, связанные с установкой машины для бурения каждого шпура [3].

Значительное количество времени тратится и на неоднократную смену инструмента при бурении одного шпура, что также нельзя считать нормальным. Действительно, еще несколько лет тому назад буры изготовлялись преимущественно заодно с буровыми коронками и лезвиями из углеродистой стали. Такими бурами в крепких горных породах возможно было пробурить без переточки бура и его смены не более 500 мм шпура.

Вследствие этого, при бурении одного шпура глубиной 1,5—2,5 м требовалось сменить несколько изношенных буров. Из этих соображений каждая буровая машина снабжалась комплектом буров длиной 500, 1000, 1500, 2000, 2500 мм [2]. В соответствии с этим бурильные машины создавались с величиной максимального хода подачи инструмента—600—900 мм. Такую величину подачи имеет большинство машин, выпускаемых в настоящее время, так например, бурильный молоток КЦМ-4 имеет ход податчика 900 мм; колонковое электросверло ЭБК—2 М имеет максимальный ход шпинделя 895 мм. При бурении шпура глубиной 2,5 м такими машинами требуется 3 раза сменить буровой инструмент.

В настоящее время бурение ведется преимущественно бурами со съёмными коронками, армированными пластинами твердого сплава, стойкость которых в 30—50 раз больше стойкости коронок из углеродистых сталей. Поэтому в горных породах крепостью до 12—14 можно пробурить несколько шпуров глубиной 2000—2500 мм одной коронкой без переточки [2]. Это определяет целесообразность применения бурильных машин с длин-

ноходовыми подачиками, с величиной хода 2200—2700 мм, которые бы обеспечивали непрерывное бурение шпура на всю его длину. Совмещение бурения нескольких шпуров по времени, при одновременном сокращении количества бурильщиков и трудоемкости их работ, требует создания специальных машин и установок для группового бурения.

При выборе основных параметров вновь создаваемых бурильных машин необходимо учитывать также требования к этим машинам, исходя из горно-геологических условий их эксплуатации. Ниже мы рассматриваем один из поставленных вопросов—вопрос о максимально возможных габаритах бурильной установки.

Для выбора основных размеров бурильной установки (бурильной машины и поддерживающих приспособлений) конструктору необходимо знать следующие сведения из условий эксплуатации машины:

1. Поперечные размеры выработок—для обоснования габаритов приспособлений для установки бурильных машин.

2. Расположение и глубину шпуров—для обоснования кинематики манипуляторов, хода подачи бурильной машины и ее предельно возможной длины.

В дальнейшем мы попытались обобщить эти сведения, исходя из наиболее часто встречающихся в практике условий эксплуатации бурильных машин.

Сечение выработок

В настоящее время в практике угольной промышленности наибольшее распространение получили одно—двухпутевые выработки для 1—3-тонных вагонеток (рис.).

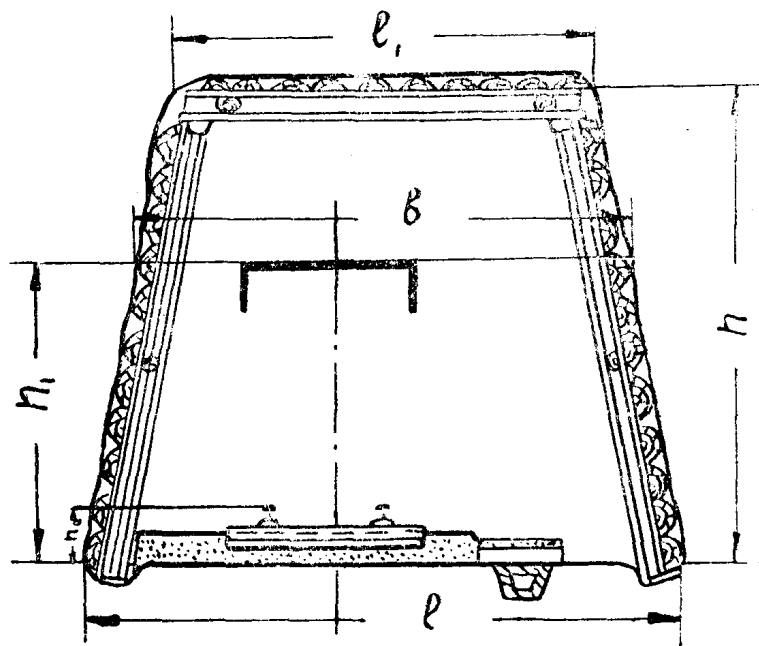


Рис. 1. Типовое сечение однопутевой выработки.

Типовые сечения наиболее распространенных выработок приведены в табл. 1. Площадь сечения выработок составляет от 6 до 16 м².

Типовые сечения выработок

№ пп	Емкость вагонеток, <i>m</i>	Наименование выработок	Ширина выработки по			Высота выработки в проходке, <i>п. мм</i>	Примечание
			годошве в проходке, <i>г. мм</i>	кровле в проходке, <i>г. мм</i>	по верхней кромке вагонетки или электровоза в проходке, <i>в. мм</i>		
Однопутевые выработки							
1	1 <i>m</i>	Квершлаг и коренные штреки	3100	2200	2480	2440	Аккумуляторные электровозы, колея 600 <i>м</i> .
2	1 <i>m</i>	„	3130	2100	2480	2940	Контактные электровозы, колея 600 <i>м</i>
3	2—3 <i>m</i>	„	3270	2520	2750	2440	Аккумуляторные электровозы, колея 600 <i>м</i> .
4	2—3 <i>m</i>	„	3430	2400	2780	2940	Контактные электровозы, колея 900 <i>м</i>
5	1 <i>m</i>	Капитальные бремсберги или уклоны	3050	2250	2580	2250	Колея 600 <i>м</i>
6	2 <i>m</i>	„	3050	2250	2530	2270	Колея 900 <i>м</i>
Двухпутевые выработки							
1	1 <i>m</i>	Квершлаг и коренные штреки	4400	3500	3780	2480	Аккумуляторные электровозы, колея 900 <i>м</i>
2	1 <i>m</i>	„	4430	3880	3700	2980	Контактные электровозы, колея 900 <i>м</i> .
3	2—3 <i>m</i>	„	4980	4100	4350	2500	Аккумуляторные электровозы, колея 900 <i>м</i>
4	2—3 <i>m</i>	„	5000	3950	4380	3000	Контактные электровозы, колея 900 <i>м</i>
5	2 <i>m</i>	Капитальные бремсберги или уклоны	4220	3400	3740	2290	Колея 900 <i>м</i>

Практикой работ передовых проходческих бригад доказано, что наименьшее время обуривания забоя достигается при установке в забое нескольких бурильных молотков из расчета—один молоток на 1—2 m^2 сечения выработки [1; 4; 5], поэтому приспособления для установки и подачи бурильных молотков могут конструироваться на 3—8 бурильных молотка.

Конструкция манипуляторов и установленных на них податчиков должна позволять обуривать забой следующих размеров: высота забоя от 2270 до 3000 *мм*, ширина забоя от 3000 до 5000 *мм*.

Расположение шпуров в забое

Выбор схемы расположения шпуров в забое зависит от крепости и характера залегания пересекаемых горных пород, от поперечных размеров выработки и удобства размещения бурового оборудования. Практикой работ установлено несколько типовых схем обустройства забоев. В основном схемы расположения шпуров в забое различаются между собой расположением и углом наклона так называемых врубовых шпуров. Эти шпуры предназначаются для создания дополнительной плоскости обнажения в массиве горной породы (помимо плоскости забоя выработки) перед взрыванием вспомогательных и отбойных шпуров. Для достижения максимального эффекта взрыва врубовые шпуры в различных горно-геологических условиях располагаются по-разному. Расположение врубовых шпуров в забое является определяющим при выборе бурильной машины и глубины шпуров.

Наиболее распространенные схемы расположения врубовых шпуров приведены в приложении. Как видно из приложения схемы расположения врубовых шпуров можно подразделить на две основные группы:

- 1) врубы, образуемые шпурами, наклонными к плоскости забоя (рис. 2),
- 2) прямые врубы, при которых врубовые шпуры располагаются перпендикулярно к плоскости забоя.

Врубы первой группы позволяют в определенных горно-геологических условиях при относительно небольшом объеме бурильных работ добиться эффективного использования силы взрыва, поэтому они получили широкое распространение в практике. Но расположение шпуров под углом значительно сокращает возможную длину бурильной машины, длину инструмента, а следовательно, глубину шпуров и подвигание забоя за один цикл.

Врубы второй группы получают в последнее время широкое распространение в практике работы проходчиков-новаторов. Прямые врубы образуются рядом шпуров, пробуренных перпендикулярно к плоскости забоя выработки. Некоторые из этих шпуров не заряжаются и предназначаются для увеличения эффекта взрыва заряженных врубовых шпуров. С этой целью диаметр незаряженных шпуров или скважин увеличивается до 50—90 мм. Прямые врубы позволяют значительно увеличить подвигание забоя выработки за один цикл. При бурении прямых врубов упрощается схема расположения шпуров в забое, облегчается установка бурового оборудования, и это приводит к увеличению использования бурового оборудования во времени.

При применении прямых врубов возможная длина бурильной машины не зависит от размеров сечения выработки. Но применение прямых врубов требует увеличения объема бурильных работ, увеличения количества метров пробуренных шпуров и их диаметра. Для обеспечения высокого коэффициента использования шпуров при взрыве необходимо бурить смежные врубовые шпуры достаточно параллельно. Вследствие этого, для получения

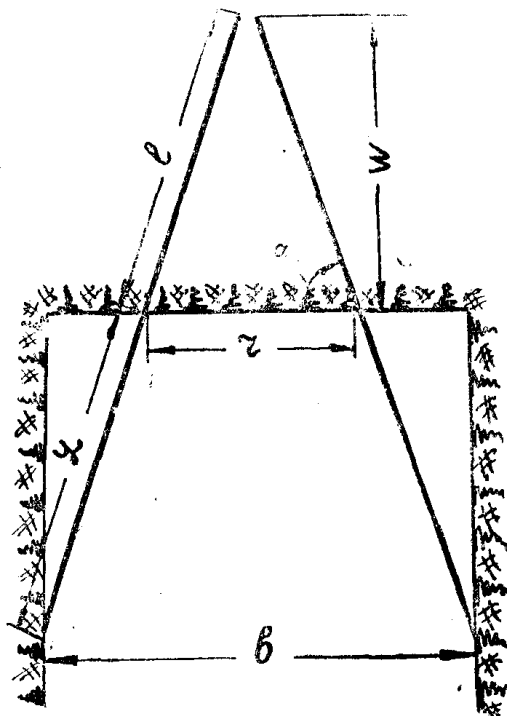


Рис. 2. Обозначение параметров вертикального клиновидного вруба и длины бурильной установки.

наибольшего эффекта от применения прямого вруба при проходческих работах, необходимо применять мощные и высокопроизводительные бурильные машины и совершенные приспособления для их установки. Конструкция податчиков и манипуляторов для этого случая должна обеспечивать при бурении необходимое направление шпуров.

Определение максимально-возможной длины бурильной установки при врубах, образуемых наклонными шпурами

Под максимальной длиной бурильной машины в дальнейшем мы будем подразумевать суммарную длину бурового инструмента, бурильной машины и установочных приспособлений. Максимальная возможная длина машины определяет возможную длину бурового инструмента и величину хода подачи.

Вертикальный клиновый вруб

Для вертикального клинового вруба (рис. 2) длина врубовых шпуров и расстояние между устьями их определяется по формулам

$$l = \frac{w}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

$$r = 2 \sqrt{l^2 - w^2}, \quad (2)$$

где l — длина шпура, м;

w — расстояние от груди забоя до конца шпура по оси выработки (глубина шпура), м;

α — угол наклона шпура к плоскости забоя, град.;

r — расстояние между устьями шпуров в горизонтальной плоскости, м.

Тогда максимальная длина бурового оборудования, которое может быть установлено в выработке при бурении врубовых шпуров, может быть определена по следующей формуле

$$L = \frac{b}{2 \cos \alpha} - l, \quad (3)$$

где L — максимальная длина бурового оборудования, м;

b — ширина выработки, м.

Из формулы (3) видно, что максимальная длина бурового оборудования зависит в основном от ширины выработки, угла наклона и длины врубовых шпуров.

Угол наклона врубовых шпуров принимается различный в зависимости от крепости пород.

Оптимальные соотношения между крепостью горной породы f , углом наклона шпуров к забою α , расстоянием между двумя параллельными шпурами вруба S и количеством врубовых шпуров n , установленные практикой новаторов, приведены в табл. 2.

Максимальная длина бурильной установки в зависимости от ширины выработки и углов наклона шпуров вертикального клинового вруба показана на рис. 3.

Таблица 2

Крепость горной породы по классификации М. М. Протодяконова, f	Угол наклона врубовых шпуров к забою α , град	Расстояние между парами шпуров по горизонтали S , мм	Количество врубовых шпуров n , шт.
6	70	500	4
10	65	400	6
16	60	300	6
20	55	200	8

График рис. 3 построен для условия бурения врубовых шпуров длиной 1,5 м, что при коэффициенте использования шпуров 0,75 и 0,85 (при $\alpha = 65^\circ$ и $\alpha = 70^\circ$) обеспечивает продвижение выработки за один цикл соответственно на 1,0 и 1,2 м.

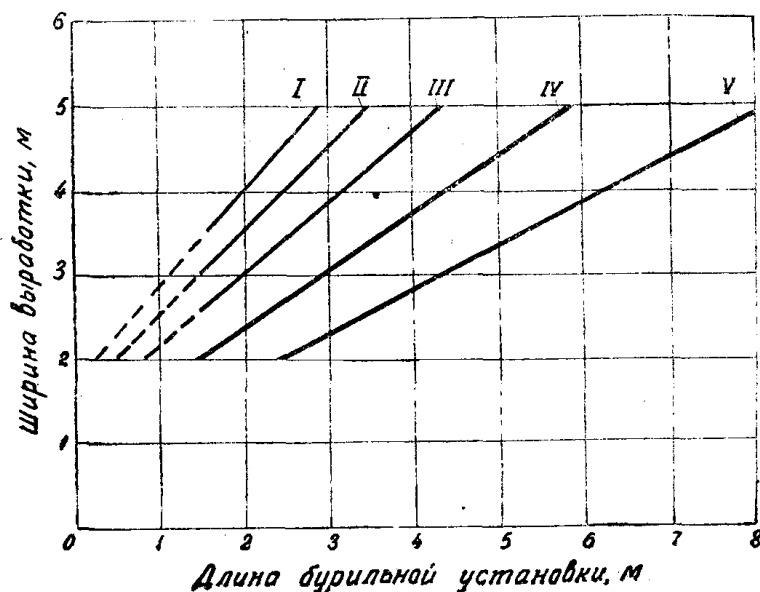


Рис. 3. Зависимость длины бурильной установки от ширины выработки и угла наклона врубовых шпуров

I — $\alpha = 55^\circ$; II — $\alpha = 60^\circ$; III — $\alpha = 65^\circ$;
IV — $\alpha = 70^\circ$; V — $\alpha = 75^\circ$.

На основании графика рис. 3 можно сделать следующие выводы:

1. Бурить шпуры длиной 1,5 м для клинового вруба и под углом $\alpha = 55-65^\circ$ при проходке выработок шириной менее 3—3,5 м невозможно, так как в этом случае величина L составляет менее 1,5 м, поэтому даже в предварительно забуренный шпур нельзя вставить бур длиной 1,5 м.

В этих случаях в крепких породах бурят врубовые шпуры под углом большим, чем 65° , но увеличивают количество врубовых шпуров.

2. Для бурения вертикального клинового вруба при проходке однопутевых выработок необходимо применять короткоходовые податчики с ходом подачи $S_{\text{п}} = 500-600$ мм, в качестве бурового инструмента комплект буров, состоящий из буров длиной 0,5—1,0 и 1,5—1,6 м. Для двухпутевых выработок шириной 4 м и более можно применять податчики с величиной подачи до 1,5—1,6 м. Такая величина подачи позволит бурить шпуры бурами длиной 1,5—1,6 м без применения дополнительных буров меньшей длины (забурников), это сократит время вспомогательных операций.

Для устранения перекосов и изгибов бура при забуривании, длинноходовые податчики должны быть снабжены специальными направляющими устройствами (люнетами). Податчики с ходом подачи 1,5 м могут применяться при бурении шпуров вертикального клинового вруба и в однопутевых выработках при крепости горных пород менее $f = 10$.

Горизонтальный клиновый вруб

Все выводы, сделанные относительно вертикального клинового вруба, относятся в такой же мере к горизонтальному клиновому врубу с учетом того, что роль ширины здесь выполняет высота выработки.

Длину бурового оборудования можно определить по формуле (3), соответственно подставляя в нее вместо ширины выработки ее высоту.

Так как выработки имеют высоту не более 3 м, то угол наклона врубовых шпуров в этом случае должен быть не менее 65°. Следовательно, в крепких породах применение этого вруба очень затруднительно, поэтому он находит наибольшее применение при бурении пород крепости не более $f=10$.

Пирамидальный вруб

Этот вруб находит применение при проведении выработок в крепких монолитных породах, а также независимо от характера залегания пород и их крепости в выработках круглого сечения и, в частности, при проходке стволов шахт.

Наибольшую длину бурового оборудования можно также определить по формуле (3) с соответствующей заменой ширины выработки расстоянием между противоположными по диагонали углами сечения выработки.

Для этого случая после некоторых преобразований получим формулу

$$L = \frac{b}{1,4 \cos \alpha} - l. \quad (4)$$

Сравнивая формулу (4) с формулой (3), видим, что при применении пирамидального вруба длина бурового оборудования для одних и тех же условий может быть принята на 30% больше, чем при клиновом врубе.

Боковой вруб

Наибольшую длину бурового оборудования можно определить по формуле

$$L = \frac{b}{\cos \alpha} - l. \quad (5)$$

Из формулы (5) видим, что длина бурового оборудования, при применении бокового вруба, будет в два раза больше (для одних и тех же условий), чем при клиновом врубе.

Так, при ширине выработки более 2,5 м и угле наклона врубовых шпуров менее $\alpha = 55^\circ$ возможная длина бурового оборудования может быть более 2,5 м. Поэтому при применении бокового вруба даже при проходке однопутевых выработок в крепких породах возможно применение податчиков с величиной хода подачи более 1,5 м.

Верхний и нижний врубы

Выводы, сделанные для бокового вруба, будут также верными для верхнего и нижнего вруба.

Максимальную длину бурового оборудования можно также определить по формуле (5), заменив ширину выработки „ b “ высотой „ h “.

Выводы

1. Для наиболее эффективного использования бурильных молотков в различных горно-геологических условиях завод-изготовитель по заказу потребителей должен изготавливать податчики двух типов: короткоходовые, с величиной хода подачи порядка 600—800 мм, и длинноходовые, с величиной хода подачи 1500—1600 мм.

2. Целесообразно исключить применение клиновых врубов и перейти к призматическим врубам с использованием шпуров увеличенного диаметра при проходке капитальных горных выработок, проходимых по породам

средней крепости и крепким. Это потребует сконструировать мощную бурильную машину с автоматической подачей и установки для одновременного бурения несколькими бурильными молотками.

Для определения наиболее целесообразных типов машин, их количества в установке для группового бурения, расположения машин в забое и перемещения относительно забоя необходимо провести специальные исследования.

Приложение

Типы врубов, применяемых при проведении подготовительных выработок

1. Врубы, образуемые наклонными шпурами к плоскости забоя:

а) вертикальный клиновой вруб (рис. 4) применяется при проведении горных выработок в породах однородного строения с вертикальным расположением трещин. Сечение выработки 6 м^2 и более. Врубные шпуры образуют вертикальный клин в центральной части забоя. Число шпуров и угол их наклона зависит от крепости пород;

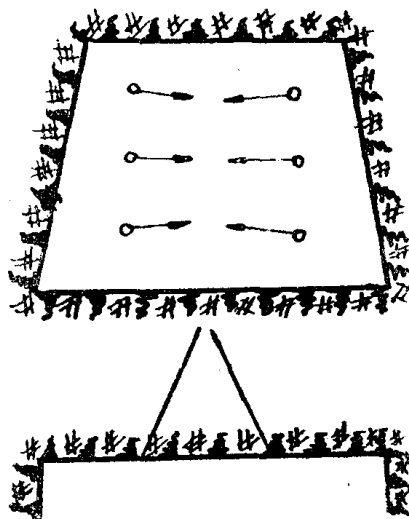


Рис. 4.

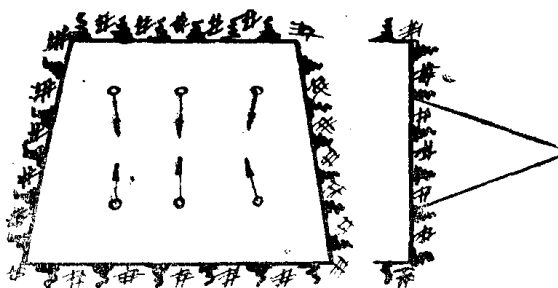


Рис. 5.

б) горизонтальный клиновой вруб (рис. 5) применяется в породах однородного строения с горизонтальным расположением трещин. Сечение выработки 4 м^2 и более. Врубные шпуры образуют в центральной части забоя горизонтальный клин;

в) пирамидальный вруб (рис. 6) применяется в плотных монолитных крепких породах, в слоистых породах различной крепости, но при крутом падении слоев. Сечение выработки 4 м^2 и более. Врубные шпуры образуют четырехгранную пирамиду в центральной части забоя;

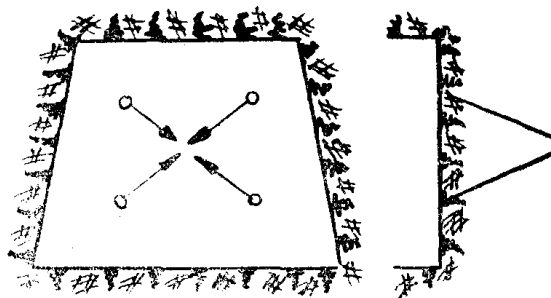


Рис. 6.

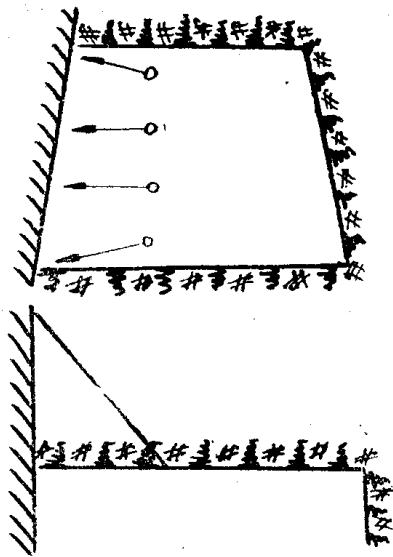


Рис. 7.

г) боковой вруб (рис. 7) применяется в слоистых породах при крутом падении и проведении выработок параллельно контакту пород. Сечение выработок 4 м^2 и более. Врубные шпуров образуют один вертикальный ряд с наклоном к стенке выработки;

д) верхний вруб (рис. 8) применяется при слоистых трещиноватых породах средней крепости и падении пластов и трещин от забоя. Сечение выработки 4 м^2 и более. Врубные шпуров образуют ряд, имеющий наклон к кровле выработки.

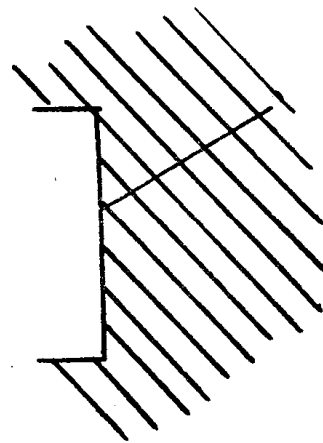
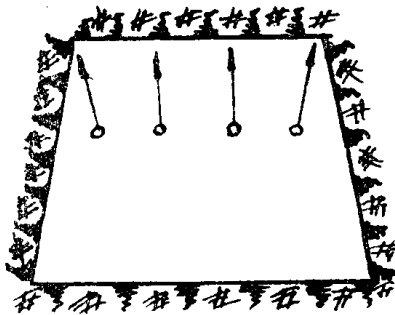
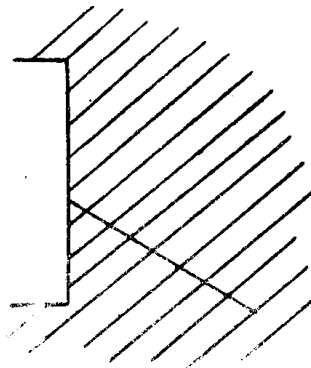
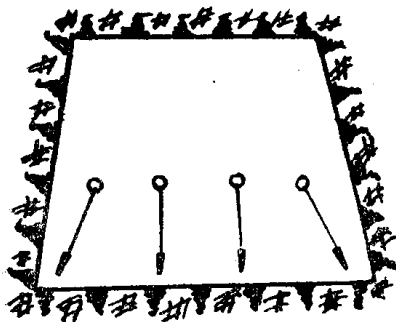


Рис. 8.



е) нижний вруб (рис. 9) применяется при слоистых трещиноватых породах средней крепости и падении пластов и трещин от забоя. Сечение выработки 4 м^2 и более. Врубные шпуров образуют ряд, имеющий наклон к подошве выработки.

Рис. 9.

2. Прямые врубы, при которых шуры расположены перпендикулярно плоскости забоя:

а) щелевой вруб (т. Шевченко) (рис. 10) применяется в породах монолитных и средней крепости. Вруб состоит из нескольких шпуров, расположенных по одной линии и заряжаемых через один шпур. При взрыве зарядов образуется вруб, имеющий форму щели, расстояние между шурами, в зависимости от крепости пород, применяется от 10 до 20 см;

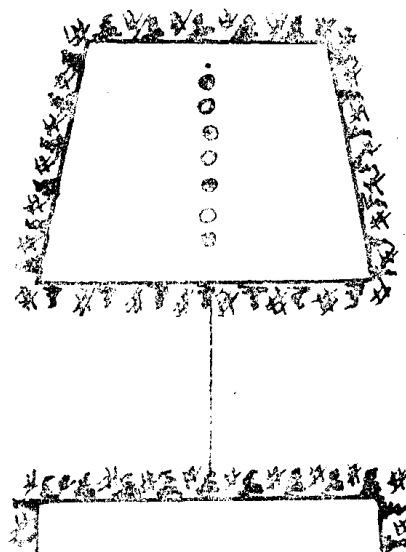


Рис. 10.

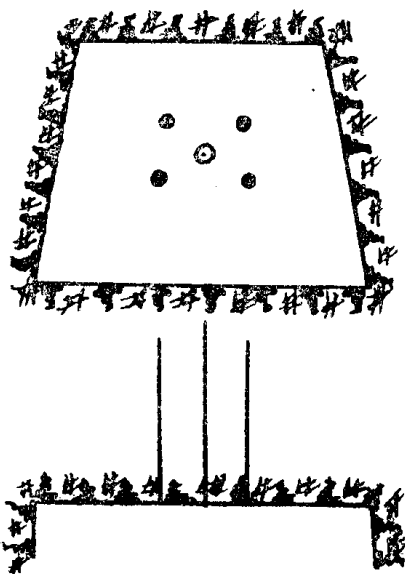


Рис. 11.

б) призматический вруб (рис. 11) применяется в крепких монолитных породах. Вруб состоит из пяти параллельных шпуров, из которых центральный шпур не заряжается и служит для облегчения действия зарядов других шпуров. В целях повышения эффективности действия вруба диаметр центрального шпура или скважины берут 50—70—90 мм;

в) спиральный вруб (рис. 12) применяется в породах монолитных и средней крепости для увеличения размеров образуемого вруба без увеличения числа шпуров. При данном врубе каждый последующий заряжаемый шпур располагается на большем расстоянии от незаряженного шпура, образуя спираль;

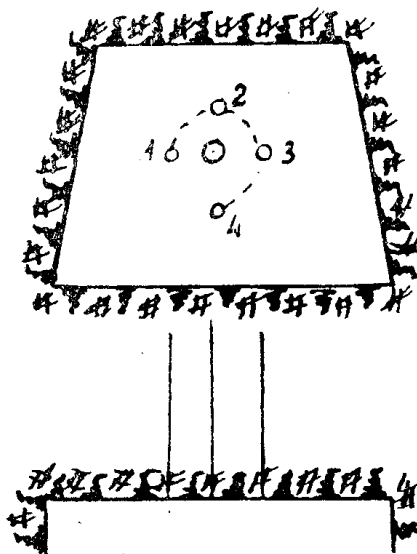


Рис. 12.

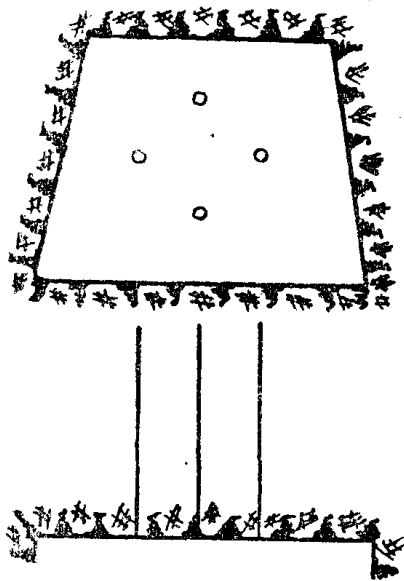


Рис. 13.

г) вруб с рассредоточенным зарядом (т. Пазенко) (рис. 13) применяется в монолитных породах и породах средней крепости. Вруб образуется при помощи глубоких шпуров (глубиной 3 м и более), расположенных в углах образуемого им квадрата со стороной 0,5 м. В каждом шпуре помещается три заряда ВВ, разделенные друг от друга забойкой. Взрывание производится сериями, начиная с заряда первого от устья шпура;

д) вруб с котловым зарядом (т. Гушлевского) (рис. 14) применяется при бурении в монолитных породах в целях уменьшения числа врубовых шпуров, а для возможности размещения необходимого количества ВВ в одном—двух шпурах, предварительным простреливанием создаются котлы.

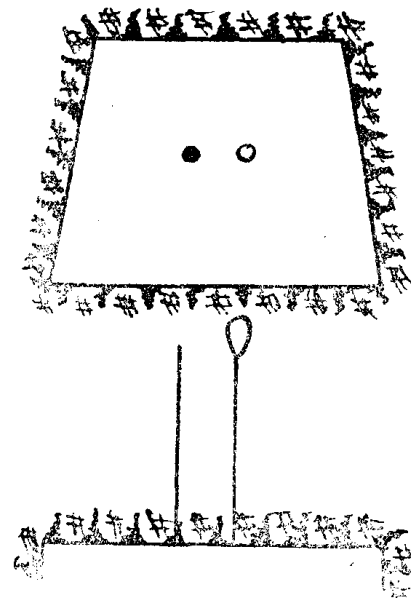


Рис. 14.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бучнев В. К. Буро-взрывные работы, Углетехиздат, 1950.
2. Брындиц А. И. и Зверев Б. В. Буровые коронки и штанги. Углетехиздат, 1955.
3. Журавлев К. И. Манипуляторы МБИ-5у для бурильных механизмов. Углетехиздат, 1952.
4. МУП СССР, Инструкция об организации работ по графику цикличности при прохождении горизонтальных и наклонных горных выработок на строящихся угольных и сланцевых шахтах. Углетехиздат, 1953.
5. Потапов И. А., Лурье В. Е. Прходка горизонтальных горных выработок на строительстве шахт в Кизеловском угольном бассейне. БТИ, Углетехиздат, 1952.