

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БВР ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.

Правдивцев Б.Б

научный руководитель канд. техн. наук Вохмин С.А

Сибирский федеральный университет

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.

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 - отбойным шпурам. Они всегда взрываются первыми. Количество врубовых шпуров обычно 3-6 штук, иногда более, в зависимости от крепости пород. В некоторых случаях в очень крепких породах в центре забоя бурятся 1-6 холостых шпура или 1-4 скважины, которые не имеют заряда и играют роль дополнительной обнаженной поверхности.

Схема размещения и ориентировка врубовых шпуров на забое определяется 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.

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

$$L_{\text{шп}} = (0,7-0,9)В.$$

Углы наклона зависят от крепости пород. В породах с коэффициентом крепости по шкале профессора М.М Протодяконова 15-20 шпуры бурятся с максимальным наклоном – 60° , менее крепкие (15-5) – 65° и от 1 до 5 с углом не более 70° .

Шпуры второй группы позволяют осуществлять заходки большей величины.

$$L_{\text{шп}} = (1,1-1,3)В.$$

Расстояние между отбойными 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 создание заданных параметров сечения горной выработки. Для этого в крепких породах их бурят наклонные с выходом нижней части за пределы контура выработки.

На основе практических данных установлена область применения различных врубов. В массивных породах наиболее эффективным является пирамидальный врубрасположенный, в центральной части забоя. Клиновый вруб применяют в слоистых породах. Прямые врубы (щелевой и призматический) могут применяться в выработках малых сечений.

Вспомогательными шпурами производят отбойку породы в сторону боковой обнаженной поверхности (вруба). Эти шпуры взрывают вслед за взрывом врубовых, что способствует расширению врубовой полости.

В забоях выработок небольшого сечения вспомогательные шпуры иногда не бурят, а их функции выполняют оконтуривающие шпуры.

После определения количества шпуров на забое выработки составляют 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 зарядами должно быть таким, чтобы исключалась возможность детонации смежных зарядов; 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.

Расположение шпуров на плоскости забоя определяют в следующей последовательности. Исходя из особенностей горных пород, определяют тип вруба, количество врубовых шпуров и углы их наклона к плоскости забоя. Затем определяют количество отбойных шпуров, необходимых для поддержания при проходке проектного сечения горной выработки, и углы их наклона к плоскости забоя. Оставшееся количество шпуров относят к вспомогательным.

От длины шпуров зависит скорость проходки выработки. Короткие шпуры увеличивают число циклов и снижают производительность работ. Существует несколько эмпирических зависимостей расчета глубины шпуров.

В общем случае глубина шпура, ориентированного перпендикулярно поверхности забоя, связана с длиной заходки следующей зависимостью

$$l_{\text{зах}} / l_{\text{шп}} = \text{КИШ}$$

где $l_{\text{зах}}$ - длина заходки; $l_{\text{шп}}$ - глубина шпура; КИШ - коэффициент использования шпура, равный 0,7-0,95.

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.

При составлении схемы горизонтальных и наклонных выработках расположения шпуров в забое учитывают характеристику пород, условия их залегания, направление трещиноватости, размеры забоя, мощность применяемого ВВ и требуемое продвижение забоя за взрыв.

При проведении выработок в однородных породах (квершлаг, ствол шахты и т. п.) забои имеют преимущественно одну обнаженную поверхность. Для размещения зарядов в породе бурят шпуры, направленные перпендикулярно или наклонно плоскости забоя. Длина заряда занимает от 1/2 до 2/3, реже 4/5 длины шпура.



Рис. 1. Схема действия шпурового заряда, расположенного под углом $\alpha < 90^\circ$ к обнаженной поверхности

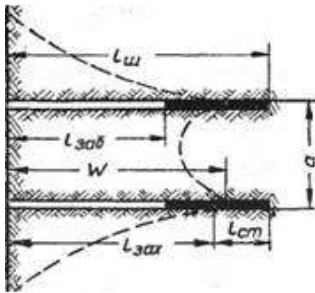


Рис. 2. Схема действия шпуровых зарядов, перпендикулярных обнаженной поверхности
 a — расстояние между шпурами; W — расстояние от центра заряда до обнаженной поверхности.

Шпуровой заряд, особенно если направление л. н. с. совпадает с осью шпура (рис. 2), разрушает породу лишь в ближней его части. Донная часть шпура остается в неразрушенной породе в виде, так называемого, стакана. При совместном действии близко расположенных шпуровых зарядов длина стакана будет меньшая, чем при взрыве одиночного заряда; она зависит от крепости породы, расстояния между шпурами, диаметра шпурового заряда и мощности $ВВ$

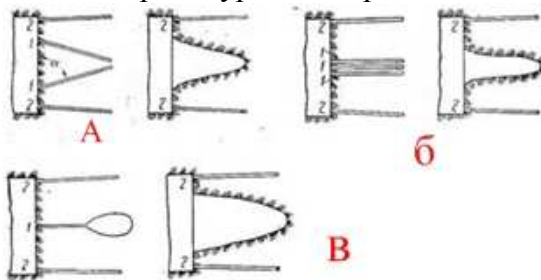


Рис. 3. Схемы образования взрывных врубов:

a — взрывом наклонных шпуров; $б$ — взрывом сближенных перпендикулярных шпуров; $в$ — взрывом котлового шпура; 1 —

врубовой шпур; 2 — отбойный шпур

Взрывной вруб может быть образован взрыванием небольшого количества шпуров, пробуренных наклонно (рис. 3, a) или перпендикулярно (рис. 3, $б$) плоскости забоя, а также взрыванием 1—2 котловых шпуров (рис. 3, $в$).

Врубы с наклонными шпурами имеют наиболее широкое применение. По форме и расположению врубовой полости они подразделяются на воронкообразные, пирамидальные, клиновые и веерные.

Врубы с перпендикулярными шпурами применяют преимущественно в восстающих и горизонтальных выработках небольшого сечения при маловязких породах различной крепости (в том числе при весьма крепких). Врубы этого типа подразделяют на щелевые и призматические. Врубы с котловыми шпурами применяются весьма редко, так как простреливание шпуров (для образования котлов) в подземных выработках сопряжено с большими неудобствами и потерей времени на простреливание шпуров, проветривание выработки и т. п.

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 $ВВ$.

Современное отечественное буровое оборудование обеспечивает надежную глубину бурения до 4 м. Как показывают многочисленные примеры, с увеличением глубины шпуров возрастает скорость проходки, поэтому целесообразно стремиться к использованию более глубоких шпуров. Современные самоходные буровые

машины позволяют бурить шпуров глубиной до 5—6 м. В частности, в Канаде в 1971 г. вели работы по строительству туннеля сечением 16,8 X 16,8 м. При проходке верхней части этого туннеля высотой 9,3 м глубина шпуров составляла 6,5 м.

По данным работы, для туннеля площадью поперечного сечения 90 м² и шириной 12 м при одном и том же оборудовании изменение скорости проходки в зависимости от глубины шпуров характеризуется следующими данными: глубина бурения шпуров, м 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 5,6; Скорость проходки, м/сут. 4,3; 4,6; 4,8; 4,9; 5,1.

Вместе с тем глубина шпуров связана со структурно-геологическими условиями строения массива. Редко удается повысить глубину шпуров более 4 м из-за значительного падения коэффициента их использования, а также вследствие повышенного сейсмического действия взрыва на массив, временную или постоянную крепь.

В туннелях большого сечения геометрические размеры их при некоторых типах врубов также могут ограничивать предельную глубину бурения. Например, для клиновых врубов значение наибольшей глубины шпуров не превышает 45—55% ширины туннеля, при пролетах выработки 7—8 м применение обычного клинового вруба не обеспечит подвигание более 3 м, и в таких выработках вопрос выбора типа вруба имеет особое значение.

Из многочисленных исследований типов врубов с наклонными шпурами наиболее рациональными являются многоступенчатый клиновой и веерный, первый из них целесообразен в трудно взрываемых крепких породах, второй — в легко взрываемых породах средней крепости. Развитием веерного вруба является треугольный вруб, который хорошо работает и в крепких породах. Веерный и треугольный врубы могут быть рекомендованы также при неравномерном падении слоев породы, при концентрации слоистости с одной стороны сечения выработки, или при косых забоях, т. е. когда плоскость забоя не перпендикулярна оси выработки.

К достоинству врубов с наклонными шпурами можно отнести их универсальность, применимость в различных геологических условиях, высокие, равные 0,85—0,95 независимо от глубины шпуров, несколько пониженные требования к точности бурения по сравнению с прямыми врубами.

Чтобы обеспечить эффективный взрыв не избежать подсечки соседних шпуров можно рекомендовать следующие положения, основанные на опыте конструирования врубов с наклонными шпурами.

Расстояние между рядами врубовых шпуров по вертикали должно составлять не более 0,8 x W_p, где W_p — расчетная линия наименьшего сопротивления шпуров.

Угол наклона врубовых шпуров должен составлять с плоскостью забоя 55—65°, а при веерных врубах угол наклона шпуров ближайших к плоскости забоя — 35—40°. Все шпуров должны располагаться в плоскостях, перпендикулярных забоя. Число врубовых шпуров должно быть подобрано из условия, чтобы расстояние между вершинами смежных шпуров не превышало W_p. Заряды во врубовых шпурах должны взрываться с интервалами замедления не превышающими 25 мс при условии одновременного взрыва зарядов в двух шпурах, направленных друг к другу от центра к периферии в каждом ряду, а для веерных врубов — последовательность взрывов зарядов в шпурах в направлении от ближайших к плоскости забоя до располагаемых в глубине массива.

В практике строительства стволов применяют стандартные патроны ВВ диаметрами 32, 36, 40 и 45 мм. В соответствии с этим диаметр шпуров принимают на 5–6 мм больше диаметра патрона ВВ. Диаметры буровых коронок составляют 36, 42, 43, 46 и 52 мм.

Из анализа результатов исследований установлено, что с увеличением диаметра патронов ВВ повышается бризантность ВВ, скорость передачи детонации, мощность энергии взрыва, что обеспечивает увеличение коэффициента использования шпура, сокращение расхода ВВ, более полное сгорание ВВ при взрыве, а следовательно, уменьшение количества вредных газов. Однако при чрезмерном увеличении диаметров патронов ВВ и шпуров резко снижается скорость бурения (особенно при бурении ручными перфораторами), ухудшается точность оконтуривания профиля ствола, увеличиваются неравномерность дробления породы и пылеобразование. Установлено, что при площади поперечного сечения стволов $S_m = 20 \div 60 \text{ м}^2$ и крепости пород равной 8, оптимальный диаметр патронов ВВ равен 45 мм. При этом число шпуров уменьшается на 20-25%, а расход ВВ на 10-15%.

За рубежом при строительстве стволов применяют патроны ВВ меньшего диаметра (28-32 мм), но более мощные взрывчатые вещества (типа динамитов с большой бризантностью). При этом число шпуров увеличивают в 1,5-2 раза. Глубина шпуров является одним из наиболее важных параметров всего комплекса буровзрывных работ (БВР) при строительстве стволов. От нее зависит не только трудоемкость и продолжительность проходческого цикла, но и качество взрыва, значения КИШ, расход ВВ, характер дробления породы и др. Очевидно, оптимальной является такая глубина шпуров, при которой затраты труда, времени и средств на проходку 1 м ствола минимальны.

При малой глубине шпуров (до 2 м) увеличивается время на ведение вспомогательных работ, отнесенное к 1 м подвигания забоя.

При большой глубине шпуров (4,5-5 м) значительно снижаются скорость бурения, особенно при бурении ручными перфораторами, и коэффициент использования шпуров, увеличивается крупность кусков кг/м породы.

Что касается влияния глубины шпуров на расход ВВ и коэффициент использования шпуров, то посредством исследований установлена зависимость рис. 4. При взрывании шпуров небольшой глубины часть энергии продуктов сгорания ВВ (газов) успевает до полного разложения ВВ выйти неиспользованной по трещинам в толще пород. При выборе глубины шпуров необходимо также учитывать уровни организации и механизации работ в забое.

Так как от принятой глубины шпуров зависит продолжительность каждой операции и всего проходческого цикла, то для обеспечения четкой организации работ, глубина шпуров должна быть такой, чтобы продолжительность проходческого цикла была кратна суткам, т.е. два или один цикл в сутки.



Рисунок 4. Влияние глубины шпуров на расход ВВ

При строительстве горных выработок буровзрывным способом основной проблемой является созданием качественной врубовой полости. Исследование в этой области требует больших материальных и трудовых затрат, но вполне окупается даже при увеличении КИШ на 5 – 6 абсолютных процентов.