

УДК 622.235.3.023.2

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВА ПРИ СООРУЖЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, А. П. Политов

Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева

В процессе проведения горных выработок основными операциями, обеспечивающими подвигание забоя выработки, является отделение горной породы от массива в пределах заданного контура и уборка взорванной массы из забоя. Проведение горных выработок при разработке рудных месторождений отличается большой трудоемкостью всех операций горнопроходческого цикла, поскольку выработки приходится проводить в крепких горных породах. В этих условиях трудоемкость буровзрывного комплекса оказывает существенное влияние на общую трудоемкость работ. При этом, качественные и количественные показатели взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ оказывают значительное влияние на трудоемкость всех последующих операций горнопроходческого цикла. Основной объем проводимых выработок (~ 82 %) составляют выработки площадью поперечного сечения в проходке $S = 10\text{--}15 \text{ м}^2$ и все они проводятся в горных породах с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протоdjeяконова от $f = 5$ до $f = 18$ и от XIII до XIX категории буримости. Другой особенностью ведения горнопроходческих работ является то, что они ведутся на больших глубинах в удароопасных горных породах, поэтому для снижения напряженного состояния в породном массиве возникает необходимость бурения в забое передовой скважины диаметром 100–150 мм, которая одновременно используется при взрывных работах во врубе в качестве дополнительной обнаженной поверхности.

Современные высокопроизводительные буровые машины для проведения горизонтальных горных выработок обеспечивают эффективное бурение шпуров до глубины 2,7–3,0 м. Однако, в практике проведения горных выработок наиболее распространенной глубиной шпуров остается глубина 1,8–2,2 м, в крепких породах и выработках с относительно небольшой площадью поперечного сечения, что нерационально с точки зрения использования высокопроизводительной буровой техники и общей эффективности буровзрывного цикла. С другой стороны, с увеличением глубины бурения значительно изменяются условия работы зарядов ВВ, что может привести к значительному снижению величины коэффициента использования шпура (К.И.Ш.).

Кроме того, общая эффективность взрывных работ при сооружении горных выработок зависит от величины зажима горной породы, который, в

свою очередь, находится в прямой зависимости от величины площади поперечного сечения горной выработки.

Влияние площади поперечного сечения горной выработки на общие количественные показатели взрыва отражается только в том, на какой объем породы, при равной длине шпуров, распределяется повышенный расход ВВ и бурения, затраченные на формирование врубовой полости. Качество сформированной врубовой полости оказывает решающее влияние на эффект взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ и состояние нарушенности заврубового массива горных пород.

Из опыта ведения взрывных работ и теории действия взрыва известно, что в результате взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ, помимо видимой зоны разрушения, имеет место нарушенность законтурного массива горной породы. Нами были проведены исследования эффективных схем и параметров врубов с изучением величины зон нарушенности заврубового массива горных пород и установлена взаимосвязь между параметрами врубов, нарушенностью заврубового массива и общей эффективностью взрывных работ.

Исследования проводились при проходке горных выработок с площадью поперечного сечения от 8 до 18 м² в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова $f = 5-16$. Испытанию подвергались клиновые и призматические схемы врубов, простые и с дополнительными центральными шпурами. Глубина при клиновых врубах принималась 2,5–3,0 м, при призматических 2,0–2,4 м, глубина вспомогательных шпуров во врубах изменялась в пределах 1,1–1,5 м. Во всех исследованиях особое внимание обращалось на взаимосвязь объема вруба с итоговыми показателями взрыва по всему забою и на трудоемкость выполнения работ.

В процессе опытных взрываний паспорт буровзрывных работ с рассматриваемым врубом доводился до получения устойчивых результатов. Эффективность каждой из схем врубов оценивалось по результатам взрывания всего комплекта шпуровых зарядов ВВ, особенно по коэффициенту использования шпуров, удельному расходу ВВ и бурения на единицу объема взорванной горной породы, а также по состоянию крепи, после взрывания и др.

Увеличение объема вруба дает вначале более интенсивное приращение величины К.И.Ш., а при достижении объема вруба характерного для определенной крепости горных пород прирост величины К.И.Ш. становится менее интенсивным. В общем виде объем обуренного вруба должен быть равным:

$$V_{\text{вр}} = V_{\text{от}} K \alpha,$$

где $V_{от}$ – объем породы обуренной первой серией отбойных шпуров; K – коэффициент разрыхления взорванной породы; α – коэффициент пропорциональности, равный для пород:

при	$f = 4-6$	0,3
	$f = 6-8$	0,25
	$f = 8-12$	0,18

Несложные вычисления по результатам опытных взрываний показали, что при глубинах шпуров 2,7—3,0 м и при соблюдении расстояний между зарядами ВВ в глубине массива, в соответствии с правилами безопасности, в породах с коэффициентом крепости $f = 4-6$ объем вруба, при клиновых врубах отнесенный к одному метру длины шпура, составляет $1,05 \text{ м}^3$ в породах с $f = 6-8$ около $0,92 \text{ м}^3$, а в породах с $f = 8-12$ до $0,75 \text{ м}^3$.

В таблице приведены сравнительные показатели опытных взрываний при клиновых и призматических врубах.

Схема вруба	f	Объем вруба на 1 м глубины шпуров, $\text{м}^3/\text{м}$	Удельный расход на 1 м вруба		Обеспечиваемый К.И.Ш.
			Заряд ВВ, $\text{кг}/\text{м}^3$	Количество метров шпуров, $\text{м}/\text{м}^3$	
Клиновые	4-6	1,05	3,6	7,6	0,94
	6-8	0,92	4,45	9,3	0,92
	8-12	0,75	7,5	15,6	0,91
Призматические	4-6	0,24	4,7	11,4	0,96
	6-8	0,17	9,5	19,8	0,94
	8-12	0,12	16,3	34,4	0,92

При призматических врубах объем на 1 м глубины шпуров значительно меньше, чем при клиновых врубах, поскольку число шпуров в призматическом врубе меньше, чем в клиновом, но коэффициент использования шпуров несколько выше.

Исследования, проведенные в производственных условиях рудных шахт, показали, что наилучшие показатели были получены при призматических врубах с центральным незаражаемым шпуром или скважиной. Коэффициент использования шпуров изменяется от 0,7 до 0,85, величина удельного расхода ВВ составлял от 2,42 до 5,1 $\text{кг}/\text{м}^3$ отбитой горной породы в целике, удельный расход бурения для отбойки 1 м^3 горной породы изменялся от 3,52 до 5,34 метров шпуров в зависимости от коэффициента крепости горной породы и площади поперечного сечения горной выработки. Коэффициент переборов породы за проектным контуром горной выработки составил 1,09–1,25, дробление горной массы неравномерное, разброс

взорванной породы небольшой. В этих условиях все операции горнопроходческого цикла обладают большой трудоемкостью исполнения по сравнению с нормативной трудоемкостью. Так, из сравнения нормативных и фактических расходов бурения следует, что фактический удельный расход бурения, превышает нормативный в горных выработках с площадью поперечного сечения в проходке 8–10 м² на 13–15 %, а в выработках с площадью поперечного сечения 14–16 м² на 17–19 % в зависимости от крепости и буримости горных пород. Относительная трудоемкость бурения на 1 м³ готовой выработки составляет 2,9–4,1 чел.–ч., что выше нормативной трудоемкости бурения на 15–55 %, в то же время на отдельных скоростных проходках была достигнута трудоемкость бурения на 35–40 % ниже нормативной.

Одним из важных показателей является то, что во всех горных породах при применении врубов со вспомогательными центральными шпурами глубина зоны трещинообразования заврубового массива горных пород уменьшается, что объясняется ускорением процесса разрушения породы во врубе и снижением продолжительности воздействия газов взрыва на развитие трещиноватости в заврубовом массиве.

При применении призматических врубов величина зоны трещинообразования возрастает по сравнению с клиновыми врубами, однако это увеличение наблюдается только на участке расположения зарядов. На участке расположения внутренней забойки в шпурах глубина зоны трещинообразования несколько меньше, чем при клиновых врубах.

С точки зрения ослабления заврубового массива взрыванием зарядов ВВ во врубовых шпурах, для дополнительного облегчения условий работы зарядов ВВ последующей серии взрывания значительный интерес представляет изменение относительной энергоемкости разрушения породного массива в зоне действия отбойных шпуров. В противовес трещиноватости, относительная энергоемкость разрушения горной породы на глубине 1 м в заврубовом массиве уменьшается с увеличением концентрации ВВ во врубовых шпурах.

Так, в породах с $f = 4–6$ при клиновых врубах с повышением концентрации ВВ с 3,1 до 5,0 кг/м³ относительная энергоемкость разрушения породы снижается с 0,52 до 0,43, а при призматических врубах, соответственно, при повышении концентрации ВВ с 3,4 до 6,4 кг/м³ – снижается с 0,46 до 0,33. В более крепких породах с $f = 8–12$ при клиновых врубах повышение концентрации ВВ с 6,2 до 9,3 кг/м³ снижает энергоемкость разрушения породы с 0,97 до 0,83, а при призматических врубах, соответственно, при концентрации ВВ с 12,0 до 16,0 кг/м³ – снижение энергоемкости с 0,95 до 0,73. Достаточный объем вруба, четкость проработки врубовой полости и высокая нарушенность заврубового массива оказывает влияние не только на величину К.И.Ш, но и на общие показатели эффективности взрыва всего комплекта шпуровых зарядов ВВ.

Исследованиями установлено, что минимальная относительная трудоемкость проведения горных выработок достигается в выработках с площадью поперечного сечения в проходке более $14,0 \text{ м}^2$ при глубине шпуров $2,5 \text{ м}$, в выработках с площадью поперечного сечения $12,0\text{--}14,0 \text{ м}^2$ при глубине шпуров $2,0\text{--}2,2 \text{ м}$ и в выработках с площадью поперечного сечения $10,0\text{--}12,0 \text{ м}^2$ при глубине шпуров $1,7\text{--}1,9 \text{ м}$.

При проведении горных выработок параметры буровзрывных работ должны обеспечивать высокие качественные и количественные показатели взрыва и, как следствие этого, низкие трудозатраты на выполнение всех операций горнопроходческого цикла. В методике определения параметров буровзрывных работ должно учитываться, в первую очередь, естественное состояние горного массива: технологические свойства горных пород; характер напряженного состояния породного массива; энергетические характеристики применяемого взрывчатого вещества и трудоемкость выполнения различных операций горнопроходческого цикла.