

УДК 622.235

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ГЛАДКОГО ВЗРЫВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ПРОЕКТНОГО КОНТУРА В УСЛОВИЯХ РУДНИКА КАРАКУТАН

**Мислибаев Илхом Тўйчибоевич**

д.т.н., профессор, декан горного  
факультета НГГИ,

**Нурхонов Хусан Алмирзо угли**

соискатель-исследователь

Каршинский инженерно-экономический институт,

Республика Узбекистан, г. Карши

E-mail.: [nurkhonov@mail.ru](mailto:nurkhonov@mail.ru)

### АННОТАЦИЯ

*В данной статье установлено, Опытно-промышленные испытания проводились с целью проверки работоспособности, предлагаемой методики определения параметров БВР, при контурном взрывании глубоких горизонтов направленных на повышение эффективности при проходке подземных горных выработок.*

*Ключевые слова: шпур, тип породы, плотность, трещина, контурные заряды, контурными шпурами, выработка, заходка, нормативный перебор, щелеобразования, иницированием зарядов.*

### METHOD OF CALCULATION OF PARAMETERS FOR SMOOTH BLASTING TO ENSURE THE SAFETY OF THE DESIGN CONTOUR IN THE CONDITIONS OF THE KARAKUTAN MINE

### ABSTRACT

*In this article, it is established that Pilot tests were carried out in order to verify the operability of the proposed methodology for determining the parameters of the BVR, with contour blasting of deep horizons aimed at increasing efficiency when sinking underground mine workings.*

*Keywords: borehole, rock type, density, crack, contour charges, contour holes, working out, penetration, standard enumeration, fissuring, charge initiation.*

## ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим типовую схему расчета параметров БВР при проведении горных выработок применительно к условиям рудника «Каракутан». Для определения удельного расхода ВВ пользуются в основном эмпирическими формулами, которые в одних случаях дают достаточно точные необходимые значения величины, а в других значительные расхождения от требуемой величины удельного расхода. По этому расчет удельного расхода по эмпирическим формулам следует считать ориентировочным, который требует уточнения по результатам опытных взрываний [1].

## ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе нами предлагается расчет параметров БВР при проходке выработок производят с учетом радиуса трещинообразования следующим образом.

Радиус зоны разрушения может быть определен следующим образом:

$$R_p = r_n \left( \frac{P_{пв}}{\sigma_{сж}^д} \right)^{2,5} \quad (1.1)$$

где:  $r_n = 0,0255$ -начальный радиус полости, м;  $P_{пв}$ -давление продуктов взрыва в зарядной полости;  $\sigma_{сж}^д = 465$  МПа -динамический предел прочности на сжатие, МПа.

$$P_{пв} = \frac{\rho D^2}{8} \quad (1.2)$$

где:  $\rho$ - плотность ВВ,  $D$ -скорость детонации ВВ, м/с

Расстояние между контурными зарядами  $a_k$  определяется как:

$$a_k = 2k_{ив}R_p \quad (1.3)$$

где:  $R_p$ -радиус зоны разрушения, м;  $k_{ив}$ - коэффициент динамического воздействия импульса взрыва в зависимости от конструкции заряда [2].

Удельный расход ВВ с учетом глубины выработки может быть определен как:

$$q = q_0 + \Delta q \quad (1.4)$$

Где:  $q_0$  -удельный расход ВВ, рассчитанный для стандартных условий, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta q$  -прирост удельного расхода ВВ на преодоление естественного напряженного состояния массива, кг/м<sup>3</sup>.

Прирост удельного расхода, по Фокину В.А. равен:

где:  $H$  – глубина ведения работ.

Удельный расход для стандартных условий определяется по формуле:

$$q_0 = \frac{9 \cdot d_{\text{зар}}^2 \cdot \sigma_{\text{сж}}}{a_k^2 \cdot Q_{\text{ВВ}}} \quad (1.5)$$

где:  $d_{\text{зар}}$  – диаметр заряда, м;  $\sigma_{\text{сж}}$  – предел прочности на сжатие,  $236 \cdot 10^6$  Па;  $Q_{\text{ВВ}}$  – теплота взрыва,  $5225 \cdot 10^3$  Дж/кг;  $a_k$  – расстояние между контурными зарядами, 0,76 м [3,4,5].

Масса шпурового заряда при условии, что длина колонки заряда не превышает 2/3 длины шпура:

$$Q_{\text{ВВ шп}} = \frac{2\pi d_3^2}{3 \cdot 4} l_{\text{шп}} \rho_{\text{ВВ}} = \frac{1}{6} \pi \cdot d_3^2 \cdot l_{\text{шп}} \cdot \rho_{\text{ВВ}} \quad (1.6)$$

где:  $\rho_{\text{ВВ}}$  – плотность заряжения, г/см,  $d_{\text{зар}}$  – диаметр заряда, мм.

С учетом увеличения энергии, затрачиваемой на дробление горной породы с учетом коэффициента действия импульса взрыва, полученную массу шпурового заряда следует уменьшить пропорционально действию забойки:

$$Q_{\text{ВВ шп}}^{\text{факт}} = Q_{\text{ВВ шп}} - (Q_{\text{ВВ шп}} \cdot [1,44 - 1,22]) \quad (1.7)$$

В настоящее время для производства взрывных работ в подземных условиях на руднике Каракутан применяются патронированные эмульсионные ВВ марки Сиянит-II при работе в сухих и обводненных условиях по породам любой крепости. Бурение шпуров осуществляется ручными и телескопными перфораторами:

– при проведении горизонтальных и наклонных выработок – буровой установкой BOOMER T-10 и ручными перфораторами типа УТ-29А с применением поддерживающих колонок марки FT-160В;

В последние годы при производстве взрывных работ в подземных условиях широкое распространение получил новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания типа ИСКРА-Ш.

При проходке подземных горных выработок применяется следующая схема: ударно-волновые трубки (УВТ), выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 20 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором.

При проведении выработок применяют различные врубы: клиновые и пирамидальные, а также односторонние и прямые. Прямые врубы

целесообразно применять для выработок небольшого сечения, клиновые и пирамидальные – для выработок шириной не менее 2 м. Односторонние врубы следуют использовать в четко выраженном напластовании с расчетом на использование при отбойке в естественной геологической плоскости.

При проведении выработок в породах с неблагоприятным ориентированием трещин, при которых имеются переборы, надежным способом их снижения является применение контурного взрывания со сближенным расположением шпуров и использование зарядов малой плотности заряжения или специальной конструкции. Наклон оконтуривающих шпуров принимают таким, чтобы после взрыва обеспечить размеры выработки, наиболее близкие к проектному сечению.

При взрывании шпуровых зарядов должны соблюдаться следующие критерии и требования:

- первоначально необходимо создать взрывом части шпуров дополнительную открытую поверхность, чтобы усилить и облегчить разрушительное действие остальных зарядов;

- разрушить породу горной массы в забое выработки на куски требуемых размеров (навал породы должен быть компактным для эффективной работы погрузочных машин и исключения повреждения крепи и оборудования выработки);

- необходимо образовать сечение выработки максимально приближающееся к проектному, сведя к минимуму недоборы и переборы породы;

- обеспечить повышение коэффициента использования шпуров (КИШ), а также исключить нарушения массива за контуром сечения выработки.

Для достижения вышеуказанных результатов взрыва в комплект шпуров должны быть включены врубовые шпуровые. Взрыв зарядов во врубовых шпурах дает дополнительную (вторую) открытую поверхность в забое и улучшает условия действия остальных шпуров [6].

КИШ является одним из основных критериев качества взрыва и правильности выбранной схемы расположения врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров и удельных расходов ВВ. Взрыв считается неудовлетворительным при КИШ менее 0,65-0,75%, нормальным – при КИШ 0,80-0,85 %, хорошим – 0,90% и выше. Этот показатель существенно зависит от размеров врубовой полости, из-за чего выбору схемы расположения врубовых шпуров (типу вруба) придается первостепенное значение.

При проходке горизонтальных и наклонных выработок применяются наклонные или прямые типы врубов. Наклонные врубы образуются шпурами, пробуренными наклонно под углом  $60-70^{\circ}$  к поверхности забоя. Расстояние между концами шпуров 10-20 см [7].

С увеличением коэффициент крепости пород угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать или по формуле:

$$h_{сп} = \frac{B}{4 \cdot ctg \frac{\alpha}{2}} - 0,3, \quad (1.8) \quad (1.1)$$

где  $B$  – ширина выработки, м;  $\alpha$  – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (1.9)$$

где  $h_{шп}$  – глубина вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Глубину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$L_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (1.10)$$

где  $\alpha$  – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$B = 2h_{сп} / tg \alpha + a \quad (1.11)$$

где  $a$  – расстояние между забоями сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород  $a=0,15-0,2$  м) [8].

Оптимальное продвижение забоя за взрыв составляет 1,8-2,0 м. Длина врубовых шпуров 2-2,3 м, угол наклона к плоскости забоя  $60-75^{\circ}$ .

Опытно-промышленные испытания проводились с целью проверки работоспособности, предлагаемой методики определения параметров БВР, при контурном взрывании глубоких горизонтов направленных на повышение эффективности при проходке подземных горных выработок.

Апробация рекомендуемых параметров БВР проводилась в руднике Каракутан в полном соответствии с Нормами и Едиными правилами безопасности при взрывных работах [9].

Проектом предусмотрены ручные перфораторы УТ-29А с диаметром бурения 43мм.

Режим проходческих работ: продолжительность рабочей смены 7,2 часа, число смен в сутки – 3, число циклов в смену – 1.

Организация работ цикличная. Комплексная бригада состоит из четырех звеньев: три звена основных и одно подменное, так как рабочая смена непрерывная.

Испытания новых паспортов БВР, разработанных по предлагаемой методике расчета, проводились в забоях полевого штрека, орта заезда и расчески рудника Каракутан РУ ГМЗ-1 НГМК.

Экспериментальные взрывы проводились при проходке подготовительных горизонтальных горных выработок по пустым породам.

После завершения бурения проведён анализ качества выполнения буровых работ на соответствие проектным параметрам паспорта БВР. Факт выполнения буровых работ схема расположения шпуров и монтаж взрывной сети, оценка качества достижения проектного контура выработки, дробления горной массы, развал взорванной массы и гранулометрический состав приведены на рис. 1.1-1.6 для сечений 10,36-7,8 м<sup>2</sup>. Для замера полученных результатов промышленных взрывов использовались лазерный дальномер марки Leica Racer 70 для определения длины развала и продвиганное забоя и рейка нивелирная марки ADA STAFF 5 для определения гранулометрического состава взорванной горной массы.

Анализ результатов замеров глубины шпуров показал, что в основном присутствует перебур шпуров. Среднее отклонение составляет 0,06 м. В свою очередь фактическое расположение шпуров по плоскости забоя практически соответствует проектному – и среднее отклонение составляет 0,013 м.



**Рис.1.1. Достигнутый контур выработки сечением 10,36 м<sup>2</sup> при промышленных испытаниях по предложенной методике расчета паспорта БВР.**



**Рис. 1.2. Достигнутый контур выработки сечением 10,36 м<sup>2</sup> при действующем паспорте БВР на рудники Каракутан.**



**Рис.1.3. Достигнутый контур выработки сечением 7,8 м<sup>2</sup> при промышленных испытаниях по предложенной методике расчета паспорта БВР.**



**Рис.1.4. Достигнутый контур выработки сечением 7,8 м<sup>2</sup> при действующем паспорте БВР на рудники Каракутан.**



**Рис.1.5. Развал взорванной горной массы при применении разработанного паспорта БВР**



**Рис.1.6. Гранулометрический состав взорванной горной массы при применении разработанного паспорта БВР для сечения выработки 10,36 м<sup>2</sup>.**

Коэффициент использования шнура зафиксированный в процессе выполнения экспериментальных взрывов составил 0,86. Сравнения результаты проведения опытно-промышленных испытаний и разработанные паспорта БВР с ранее используемыми на руднике Каракутан паспортам БВР сведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сравнение действующих в орт заезде, рассечке и полевом штреке руднике Каракутан паспортов БВР разработанных по предлагаемой методике

Показатели	Паспорт БВР, используемый на руднике		Паспорт БВР, разработанный по предлагаемой методике		Разница	
	Орт заезд и рассечка	Полевой штрек	Орт заезд и рассечка	Полевой штрек	Орт заезд и рассечка	Полевой штрек

Общее количество шпуров, шт.	21	26	24	30	+3	+4
Количество заряжаемых врубовых шпуров, шт.	6	8	5	8	-1	0
Количество холостых шпуров, шт.	0	0	1	1	+1	+1
Количество вспомогательных (отбойных) шпуров, шт.	4	4	7	8	+3	+4
Количество оконтуривающих шпуров, шт.	11	14	11	13	-	-1
Расход ВВ, кг; Саянит-П	27,6	36	25,2	32,8	-2.4	-3.2
Объём бурения, шп.м	34,8	40,6	39.6	46.8	+4.8	+6.2
Фактический КИШ	0,81	0,86	0,81	0,86	0.81	0.86
Гранулометрический состав горной массы, мм.	200 - 500	200 - 500	100 - 300	100-200	-(100-200)	-(100-300)
Фактический объём горной массы оторванной за взрыв	10.14	13,46	9.5	12.82	-0.64	-0.64
Схема вруба	Клиновой призматический	Клиновой призматический	Прямой крестаобразный	Прямой крестаобразный	-	-
Забойка	С забойкой и без забойки	-	-			

Из сравнения данных показателей видно, что при расчёте паспортов БВР согласно разработанной методике происходит рациональная расстановка шпуров по площади забоя, снижается общий расход ВВ при одновременном улучшении качества дробления и сокращением объёма взорванной горной массы за счет достижения проектного контура горных выработок .

Оценка качества взрывов, проведённых по опытным паспортам БВР, показала, что сечение выработок соответствует проектному, дробление горной массы соответствует предъявляемым требованиям и достигается уменьшение

развала и качества взорванной горной массы.

## **ВЫВОДЫ**

1. В работе нами предлагается методика расчета параметров БВР при проходке выработок шпуровыми зарядами ВВ, с учетом газодинамических процессов, радиуса трещинообразования, давление продуктов взрыва и параметров волны напряжений в зарядной полости.

2. Анализ ведения взрывных работ по действующим паспортам БВР показал наблюдается перебор породы за контуром выработки в отдельных случаях недобор вследствие установленного удельного расхода для оконтуривающих шпуров, также гранулометрический состав взорванной горной массы колеблется в диапазоне 200 – 500 мм что создает трудности при погрузочных работах и снижается коэффициент заполнения транспортного средства и увеличивается за проектный объем оторванной горной массы за цикл.

## **REFERENCES**

1. Литвинский, Г. Г. Обоснование конструкции и параметров прямого цилиндрического вруба при сооружении выработок/ Г. Г. Литвинский, П. Н. Шульгин// Современные проблемы шахтного и подземного строительства: материалы международного научно-практического симпозиума. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – Вып. 5. – С. 130–139.
2. Масловский, А. Н. Актуальность буровзрывных работ с прямыми врубами при проведении горизонтальных горно-разведочных выработок с влиянием геолого-структурных особенностей массива/ А. Н. Масловский, В. Г. Лукьянов// Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325, №1. – С. 166–172.
3. Бротанек И., Вода Й. Контурное взрывание в горном деле и строительстве. М: Недра 1983г 144 стр.
4. Барон Л.И., Ключников А.В. Контурное взрывание при проходке выработок. Л., Наука, 1967.
5. Совершенствование методики расчёта параметров буровзрывных работ при строительстве горизонтальных и наклонных горных выработок на примере рудников ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» / А. К. Кирсанов, С.А. Вохмин, Г. С. Курчин // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. - 2015. - Т. 8, № 4. - С. 396-405.

6. Совершенствование расчёта параметров взрывного вруба /И. Корнейчук, С. А. Вохмин, Г. С. Курчин, А. К. Кирсанов // Взрывное дело. - М.: ИПКОН РАН. - 2016. Выпуск №116/73. - С. 100-111.
7. Нурхонов Х.А.Классификация методов контурного взрывания подземной разработки месторождения полезных ископаемых// Горный вестник Узбекистана. –Навои, 2019. –№4(79). – С. 55-56 (05.00.00; №7).
8. Нурхонов Х.А., Каримов Ё.Л.,Хўжакулов А.М.,Латипов З.Л. Методика расчета параметров контурного взрывания предварительного щелеобразования// Навои, 2020. –№2(81). – С. 83-86 (05.00.00; №7).
9. Нурхонов, Х. А. У., Хужакулов, А. М., & Боймуродов, Н. А. (2022). Проектирование параметров контурного взрывания. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2(Special Issue 4-2), 825-832.