

## ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

**Хайитов Одилжон Гафурович**  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент,  
академик Туронской академии наук, зав. Кафедрой “Горное дело”  
Ташкентского государственного технического университета,  
г.Ташкент. Республики Узбекистан

**Джурраев Салоҳиддин Джумабоевич**  
ассистент Кафедры “Горное дело”  
Ташкентского государственного технического университета,  
г.Ташкент. Республики Узбекистан

**Холматов Ойбек Мурод угли**  
магистрант кафедры “Горное дел”  
Ташкентского государственного технического университета,  
г.Ташкент. Республики Узбекистан

**Эдилов Нуриддин Мусурмонович**  
магистрант кафедры “Горное дел”  
Ташкентского государственного технического университета,  
г.Ташкент. Республики Узбекистан

---

Качество взрыва характеризуется равномерностью и крупностью дробления скального массива, шириной и высотой развала горной массы, проработкой подошвы уступа. Два последних фактора определяют производительность последующих процессов выемки и транспортировки. Применение современных погрузочно-транспортных машин, мобильных дробильно-сортировочных установок предъявляют жёсткие требования к качеству взрывоподготовке горной массы, так как оно напрямую влияет на их производительность.

Несмотря на большое внимание, уделяемое буровзрывным работам, до сих пор основным препятствием к увеличению производительности труда, снижению себестоимости добычи и увеличению объёмов добываемой продукции, является неравномерное дробление, сопровождающееся значительным выходом крупных (негабаритных) кусков полезного ископаемого, а так же несоответствие параметров уступа проектным решениям. Поэтому, управление качеством и параметрами взрывоподготовки горной массы на карьерах материалов является одной из важных практических задач. Однако, несмотря на обширные исследования в этой области, до сегодняшнего дня, не решен вопрос о возможности регулирования заданной степени дробления горной массы за счет изменения параметров буровзрывных работ.

Требования к качеству дробления пород взрывом формируются на основе геометрических параметров применяемого оборудования и энергетических характеристик процессов в технологических потоках карьеров. Геометрические характеристики применяемого оборудования определяют допустимый размер куска породы. В идеальном случае негабаритные куски породы после взрыва должны отсутствовать, однако это маловероятно и при проектировании взрывных работ расчетный выход негабаритов не должен превышать 5 %. Энергетические затраты на выполнение работы зависят не столько от выхода негабаритных кусков, сколько от среднего размера куска породы в развале взорванной массы. Средний размер куска влияет на эффективность работы оборудования в технологических потоках горного и перерабатывающего производств через удельное сопротивление копания (выемочно-погрузочные машины), коэффициент разрыхления (транспортные средства) и степень дробления (дробилки и мельницы). Поэтому начальным этапом расчета скважинных зарядов в карьерах является определение целевой задачи взрывных работ. Поскольку взрывное разрушение пород значительно дешевле механического дробления, целесообразно «сместить» энергетические затраты в сторону взрыва.

Например в глубоком карьере Мурунтау выделены четыре основных вида технологических работ, каждый из которых предъявляет специфичные требования к взрывному рыхлению массива:

- выемочные работы (экскавация) без применения транспортных средств;
- выемочно-погрузочные работы с последующей доставкой горной массы в пункты назначения автомобильным или железнодорожным транспортом (цикличная технология);
- выемочно-погрузочные работы с последующей доставкой горной массы к пунктам назначения автомобильно-конвейерным транспортом, что предполагает механическое дробление пород перед их погрузкой на конвейер (циклично-поточная технология);
- выемочно-погрузочные работы с доставкой рудной массы на переработку с механическим дроблением и измельчением руды (система «карьер - завод»).

Оценку предрасположенности горных пород к взрывному разрушению осуществляют на основе геологических исследований месторождений. Результатом таких исследований является районирование карьерного поля по взрываемости на основе общепринятой классификации, которую адаптируют к условиям

конкретного карьера и согласуют с классификациями по другим технологическим признакам, например буримости. Районирование карьерного поля по взрываемости пород имеет особое значение для месторождений со сложными горно-геологическими условиями, при разработке которых невозможно применять однородную технологию горных работ в связи с разнообразием геологических особенностей строения массива, широким диапазоном изменения физико-механических свойств и блочности пород.

Повышению эффективности буровзрывных работ посвящено большое количество работ, в которых рассматриваются вопросы влияния на разрушение горных пород различных факторов, таких, как типы ВВ, конструкции зарядов, схемы и средства инициирования, использование внутрискважинного замедления, параметры скважинных зарядов и их расположение на взрываемом блоке и др. При взрыве удлиненного заряда в скважине происходят сложные газодинамические процессы, результаты исследования которых, позволяют устанавливать количественные связи значений параметров конструкций зарядов с реальными задачами горного производства.

При производстве массовых взрывов, необходимо обеспечить следующие требования:

- качественное дробление горной массы (заданный гранулометрический состав взорванной горной массы);
- проработка подошвы уступа;
- минимальное нарушение законтурной части массива;
- формирование компактного навала отбитой горной массы;
- защита близкорасположенных объектов от сейсмического воздействия взрыва, воздействия воздушной ударной волны и разлета кусков породы.

Одним из наиболее эффективных методов управления энергией взрыва на открытых горных работах является регулирование параметров взрывного импульса за счет изменения конструкции заряда ВВ. Забойка, являясь составной частью конструкции заряда, влияет на длительность приложения взрывной нагрузки, а, следовательно, на параметры поля напряжений в среде и характер ее разрушения.

Практика буровзрывных работ и теоретические исследования показали, что качество дробления горных пород и технико-экономические показатели в значительной степени зависят от применяемых конструкции зарядов. Эффективность применения той или иной конструкции заряда обуславливается горногеологическими условиями и технологическими требованиями к качеству разрушения горной массы.

Качество дробления горной массы взрывом определяется несколькими показателями: выходом негабарита, гранулометрическим составом и характером развала горной массы после взрыва. До последнего времени основной характеристикой качества дробления горных пород взрывом считали выход негабарита.

В связи с применением конвейерного транспорта для доставки руд качество дробления должно соответствовать этому виду транспорта: средний кусок не должен превышать максимально допустимый размер.

Конструкции заряда и форма его оказывает значительное влияние на продолжительность действия взрывного импульса на среду. Доказано [1], что в случае применения рассредоточенного заряда с воздушным промежутком происходит запирание продуктов детонации заряда. Это приводит к удлинению действия взрыва на массив. В настоящее время могут быть широко рекомендованы конструкция зарядов с воздушными промежутками между зарядами и между зарядом и забойкой.

На параметры волны напряжения существенно влияет форма поперечного сечения заряда. Доказана [2,3] эффективность применения плоских зарядов, которые снижают потери волны напряжений за счет геометрического расхождения, и повышает качество дробления.

Взрывной импульс характеризуется двумя параметрами – максимальным давлением на фронте волны и продолжительностью действия взрывного импульса. Так как максимальное давление зависит от типа ВВ, управление дроблением целесообразно рассмотреть с позиции его одним параметром – продолжительностью приложения взрывного импульса к разрушаемой среде.

Многорядное короткозамедленное взрывание регулирования кусковатостью горных пород широко применяется на карьерах. Механизм разрушения горных пород при многорядном короткозамедленном взрывании объясняется теорией напряженного состояния массива, вызванного взрывом серии зарядов. Взрыв заряда первого ряда или врубовых рядов в результате действия газообразных продуктов взрыва на стенки скважины приводит к образованию в массиве волн напряжений, распространяющихся во все стороны. Напряженность массива сохраняется в течение достаточно продолжительного времени. Хотя ее давление на фронте волны со временем падает, однако к моменту взрыва зарядов следующей серии волна напряжений, созданная взрывом предыдущих зарядов, имеет еще значительную величину. За период времени между взрывами двух соседних рядов зарядов в массиве развивается система трещин, вызванных действием волн напряжений. Эти трещины для последующего ряда зарядов являются своеобразными открытыми поверхностями, способствующими отражению и интерференции волн напряжений и перемещению массива в направлении этих трещин.

Важным фактором, способствующим улучшению дробления взрываемого массива, является соударение горных масс в процессе разрушения при применении различных схем взрывания. При многорядном взрывании положительное влияние на интенсивность дробления пород оказывает увеличение удельного расхода ВВ. Энергия ВВ при многорядном взрывании вследствие условий зажима в значительно меньшей степени расходуется

на развал горной массы и в основном расходуется на дробление. Поскольку при многорядном взрывании энергия взрыва расходуется на многократное образование волны напряжений в среде и обеспечивает интенсивность соударения, степень дробления определяется количеством ВВ или удельным его расходом. Таким образом, увеличение удельного расхода ВВ при многорядном взрывании приводит к повышению степени дробления горных пород, хотя в этом случае улучшение дробления не беспредельно.

Достоинства многорядного короткозамедленного взрывания.

1. В результате расчленения взрыва на последовательные очереди и многократности воздействия волны напряжений на массив значительно увеличивается продолжительность действия взрывного импульса, что улучшает дробление горных пород.

2. Увеличивается выход горной массы с 1 м скважины. Так, на карьере ЮГОКа широкое применение многорядного короткозамедленного взрывания с учетом совершенствования основных параметров буровзрывных работ позволило увеличить выход горной массы с 1 м скважины с 42,4 до 59 м<sup>3</sup>.

3. Сокращается число массовых взрывов (на Криворожских ГОКах число взрывов уменьшилось в 10-15 раз), что способствует улучшению общей организации труда на карьерах.

4. Лучшее дробление горной массы и управление геометрией развала дает возможность на 30-50% повысить производительность экскаваторов и снизить простои транспортных средств под погрузкой.

5. Улучшается организация буровых работ вследствие их концентрации на одном участке.

6. Уменьшается объем путевых работ.

Однако при многорядном короткозамедленном взрывании не решается вопрос дробления горных пород скважинами первого ряда, поэтому требуется дальнейшее его совершенствования.

Взрывание в зажатой среде – это метод ведения взрывных работ, при котором благодаря наличию преград (взорванная горная масса или целик) уменьшается боковое смещение взрывающегося массива в период разрушения, что способствует увеличению продолжительности действия взрыва на массив и, как следствие, улучшению дробления пород.

Метод взрывания в зажатой среде имеет несколько вариантов, различающихся между собой числом открытых поверхностей и их расположением, характером подпорной стенки и последовательностью взрывания отдельных зарядов (рис. 1)

Наиболее простым вариантом взрывания в зажатой среде является *взрыв на неубранную горную массу*. При этом величина подпорной стенки из неубранной массы влияет на величину и форму развала и качество дробления горных пород.

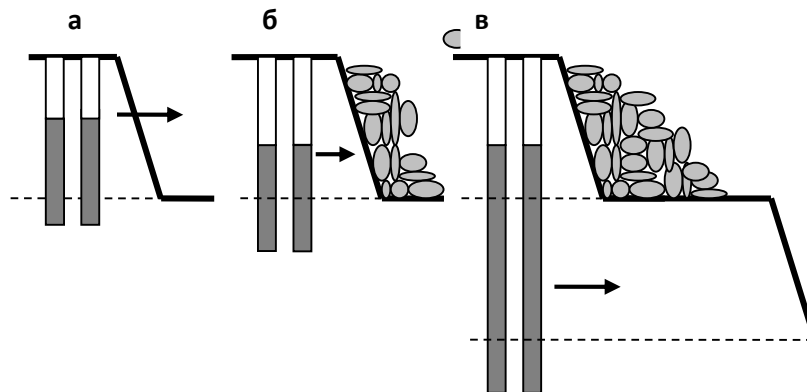


Рис. 1. Взрывание в зажатой среде.

*а* - зажим достигается за счет схем соединения зарядов; *б* – при наличии подпорной стенки; *в* – за счет навала взорванной массы;

По второму варианту взрывания в зажатой среде применяют *фланговые, диагональные и радиальные* схемы соединения зарядов. Подпорная стенка из неубранной горной массы при этом варианте не обязательна, так как подпор создается горной массой, разрушенной первой небольшой группой зарядов. Подпорная стенка при этом варианте уменьшает ширину развала горной массы и позволяет управлять его геометрией.

Рассмотренные варианты взрывания в зажатой среде применяют для взрывания пород любой крепости и трещиноватости.

Третьим вариантом взрывания в зажатой среде является взрывание при наличии одной открытой поверхности, когда *подпорной стенкой является целлик массива*. Этот вариант применяют при проведении траншей взрывным способом, при взрывании массивов горных пород с применением продольных и поперечных врубов, а также взрывании высоких уступов. В настоящее время этот способ освоен при взрывании в породах средней и ниже средней крепости с мелко трещиноватым строением.

Эффективность метода взрывания в зажатой среде проявляется только при многорядном короткозамедленном взрывании и наличии не менее четырех-пяти рядов скважин. Однако во всех вариантах, благодаря подпорной стенке и меньшей скорости смещения взрываемого массива в горизонтальной плоскости, увеличивается продолжительность действия взрыва на среду и повышается коэффициент полезного использования энергии взрыва. В этом заключается физическая сущность взрывания в зажатой среде.

Таким образом, взрывание в зажатой среде, кроме значительного улучшения качества дробления пород, по сравнению со взрыванием на открытую боковую поверхность уступа, имеет следующие достоинства: создает благоприятные условия для управления величиной развала горной массы и ее формой; обеспечивает независимость процессов бурения и взрывания от экскавации и транспорта; полностью ликвидирует такой трудоемкий процесс, как путеперекладочные работы в забое перед массовым взрывом; уменьшает непроизводительные простои экскаваторов и создает предпосылки для повышения их производительности; позволяет уменьшить число взрывов и увеличить объемы одновременно отбиваемой горной массы. В настоящее время этот метод применяют на многих карьерах.

#### **Список использованной литературы:**

1. Кутузов Б.Н. Приоритетные направления технического перевооружения горных предприятий в области БВР. В сб. Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле. Изв. МГГУ, 2001 г., с. 445-455.
2. Рубцов С.К., Шеметов П.А., Бибик И.П. Исследование рациональных параметров конструкции и состава забойки скважинных зарядов в условиях карьера Мурунтау. /Горный вестник Узбекистана № 1, 2000 г., С. 53 – 56.
3. Будько А.В., Закалинский В.М., Рубцов С.К. и др. Совершенствование скважинной отбойки. М., Недра, 1981.-199 с.
4. Б.Н.Кутузов. Метод ведения взрывных работ.в 2-х т.- М.: Горная книга, 2007.
5. Норов Ю.Д., Раимжанов Б.Р. Лабораторные и практические работы по курсу «Буровзрывные работы».- Навои, 2004. 240 с.
6. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учебник. - М.:Недра, 2005.
7. Томаков П.И., Технология, механизация и организация открытых горных работ. Учебник. - М.: Недра,2012.
8. Хайитов О.Г. О необходимости обоснования паспортизации руд при изменяющихся горно-геологических условиях золоторудных месторождений. Кончилик хабарномаси. Навои. №3. 2018. –С. 49-51.
9. Хайитов О.Г., Тожимирзаев Б. Влияние сейсмического воздействия на деформации приконтурного массива карьера Кальмакир. Международная научно-практическая конференция. Дальневосточная весна-2018. Комсомольск на Амуре. 2018.- С. 262-265.
10. Караманов А.Н., Искандаров Ж.Р., Мардонов А. Хайитов О.Г. Оценка влияния качества взрыва на процессы открытых горных работ. VI Международная научно-практическая конференция. «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA». НУП-СУЛТАН – 2019. IX Том. –С.79-82.

УДК 622.276.