

6. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. – М.: Мир, 1987. – 328 с.
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М. Наука, 1968 – 720 с.
8. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 246 с.
9. Ильюшин А.А. Пластичность. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 271 с.
10. Тимошенко С.П., Гудьир Дж. Теория упругости. – М: Наука, 1975. – 576 с.
11. Флорин В.А. Основы механики грунтов, т.1. – Л. -М.: Госстройиздат, 1959. – 357 с.

**УДК 622.235:635.5.001.5**

Канд. техн. наук В.И. Косенко  
(ИГТМ НАН Украины)  
инж. К.В. Михайленко  
(ПМТО «Транспромтехника»)

### **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАЧЕСТВО ЩЕБЕНОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Обґрунтовані параметри та розроблена технологія проведення вибухових робіт для збільшення виходу кондиційної підірваної гірської маси та підвищення якості щебневої продукції на гранітних кар'єрах

### **EXPLOSIVE PARAMETERS WORK INFLUENCE ON ROUD-METAL QUALITY**

The parameters are proved and the technology of conducting explosive works for standard road metal quality output increase on granite quarry is developed

Основными проблемами при взрывном разрушении крепких горных пород скважинными зарядами являются недостаточная эффективность дробления верхней части уступа в зоне нерегулируемого дробления и неудовлетворительная проработка нижней подошвенной части уступа. Последняя особенно остро проявляется при взрывной отбойке высоких уступов, имеющих большие линии сопротивления по подошве, иногда достигающие до 14–18 м, как на гранитных, так и на железорудных карьерах.

Как показывает практика ведения взрывных работ на карьерах с крепкими горными породами традиционными методами взрывной отбойки эти проблемы решить уже невозможно [1].

В настоящее время резко ухудшилось качество щебеночной продукции за счет некондиционной взрывоподготовки горной массы на гранитных карьерах. Это обстоятельство явилось причиной использования старых технологий взрывной отбойки и нерационального применения мощных тротилосодержащих взрывчатых веществ. В настоящее время на гранитных карьерах Украины прослеживается тенденция взрывной отбойки с уменьшенной сеткой расположения скважин до 5x5 м вместо сетки 6x6 м, применявшейся ранее. Такая технология и параметры буровзрывных работ приводят к «пережогу» горной массы и повышенному выходу некондиционной горной массы - отсева фракции 0–5 мм. Потребителями такой взорванной горной массы, являются, как правило, цеха старого дробильного оборудования небольших гранитных карьеров. А это

приводит к отрицательным природоохранным последствиям с отчуждением новых территорий и повышенным выбросам вредных газов и пыли при ведении взрывных работ.

Одной из главных причин некондиционного дробления горной массы является использование конструкций скважинных зарядов с симметричной формой генерирования взрывного импульса в зарядной полости.

Следовательно, необходимо уже в начальной фазе взрыва генерировать асимметричный детонационный и газодинамический процесс, и ориентировать его большим энергетическим потенциалом в нужном направлении, чтобы в горном массиве сформировать неравномерное и разнородное динамическое поле с преобладанием сдвиговых напряжений в ближней зоне взрывной полости [5]. Так как граниты Украинского кристаллического щита обладают значительной трещиноватостью, анизотропией физико-механических и динамических свойств, то при их взрывном разрушении зарядами асимметричного действия большую часть энергии взрыва в верхней части колонки заряда ориентируют в сторону повышенной прочности, т.е. по линии малой оси эллипса воронки разрушения гранита конкретного месторождения.

Предложенная новая технология ведения взрывных работ с использованием скважинных зарядов асимметричного действия нашла широкое применение на многих гранитных карьерах Украины, Российской Федерации и Молдовы.

По итогам республиканского конкурса на лучшее внедренное изобретение по охране окружающей среды Госкомитет по охране природы Постановлением №12 от 30 мая 1989 г. присудил премию автору изобретения «Способ создания скважинного заряда для отбойки горных пород» [5].

Одним из эффективных методов повышения коэффициента использования энергии взрыва при отбойке горных пород является рациональная ее передача горному массиву в ближней зоне заряда взрывчатого вещества. Особенно это относится к условиям ведения взрывных работ в обводненных условиях. Затруднения экспериментального определения параметров взрыва в ближней зоне не позволяют получить реальную картину протекающих физических процессов на границе заряд – горный массив.

В результате большого числа опытов Р. Коулом [2] установлена следующая зависимость для определения давления на фронте ударной волны от действия взрыва заряда ВВ в воде эталонного тротила -  $P_{max}$ :

$$P_{max} = A \frac{(G^{1/3})^{1.13}}{R^{1.13}}, \text{ МПа,}$$

где  $A=533$  – постоянный коэффициент,  $G$  – масса заряда, кг,  $R$  – расстояние до места взрыва, м.

Согласно принципу энергетического подобия значение коэффициента  $A$  для других типов взрывчатых веществ может быть вычислено с помощью приближенной зависимости:

$$A_i = k_i \cdot A; k_i = \left( \frac{Q_i}{Q_t} \right)^{1.13/3} = \left( \frac{Q_i}{Q_t} \right)^{0.376},$$

где  $Q_i$  – потенциальная энергия данного взрывчатого вещества, ккал / кг,  $Q_t$  – потенциальная энергия тротила, равная 1000 ккал / кг.

Эта формула справедлива для относительных расстояний радиуса в диапазоне  $10 \geq R \leq 240$ . Однако эта зависимость дает заниженные показатели давления на фронте ударной волны для расстояний до двух радиусов заряда, что не обеспечивает достаточной точности расчета параметров взрыва в реальных условиях взрывной отбойки. Поэтому параметры взрывных работ для скважинных зарядов, экранированных водно-гравийной средой, принимаются по результатам экспериментальных взрывов.

При разработке месторождений нерудных строительных материалов выбор параметров буровзрывных работ должен отвечать следующим основным требованиям: обеспечивать максимальный выход кондиционной горной массы, уменьшать выход переизмельченного продукта и снижать уровень отрицательного воздействия на окружающую среду. В настоящее время на гранитных карьерах при взрывной отбойке выход переизмельченного продукта (отсева фракции 0–5 мм) колеблется в пределах 20–30%, а на карьерах флюсовых известняков количество отходов производства (фракция 0–20 мм) иногда составляет более половины взорванного объема горной массы.

Определяющими факторами, влияющими на выход переизмельченного продукта при ведении взрывных работ на гранитных карьерах Украины, являются параметры взрывных работ: конструкции скважинных зарядов, типы применяемых взрывчатых веществ и параметры сетки расположения скважин.

Предложенный ранее метод ведения взрывных работ с использованием взрывогидравлического эффекта [2, 3, 4] не нашел широкого распространения при скважинной отбойке, за исключением эпизодического применения его при шпуровой разделке негабарита. Одной из причин этого положения является отсутствие достоверных данных по изучению характера протекания физического процесса взрыва и его параметров в водно-гравийной среде, а также закономерностей перехода ударной волны от взрывчатого вещества через водно-гравийную среду в горный массив.

С целью установления характера взрывного разрушения крепких горных пород зарядами, окруженными водно-гравийной средой, были взорваны четыре серии по девять гранитных объемных моделей с размерами 100x100x100 мм. Расчетный диаметр заряда ТЭНа был принят равным 5 мм, а масса заряда 0,7 г. Диапазон изменения диаметров шпуров был рассчитан от 5 до 25 мм, при этом одна серия зарядов была диаметром 5 мм и взрывалась без водно-песчаного радиального зазора. Остальные шпуровые диаметры были 6,5; 7,5; 10; 12,5; 15,0; 22,5; и 25,0 мм. Иницирование зарядов производилось капелькой азидата свинца. В качестве заполнителя радиальных зазоров между стенкой шпура и зарядом был использован мелкозернистый песок фракции 0,7...1,0 мм.

Анализ результатов ситового отсева дробленого материала гранитных моделей показывает, что наилучшее дробление получено в случае, когда водно-песчаный радиальный зазор составляет 5,0...5,5 мм, т.е. при отношении диаметра шнура к диаметру заряда равном  $D_{ш}/d_z = 3,0...3,2$ . При этом отмечено отсутствие выхода негабаритных фракций 40...60 мм. При наличии уже 0,75 мм водно-песчаного радиального зазора вокруг заряда в объемной гранитной модели выход переизмельченного продукта фракции 0...1 мм сократился с 3,12 г при взрывании заряда без зазора до 2,07 г, т.е. в 1,5 раза. А при наличии зазора 2,5 мм выход переизмельченного продукта уменьшается в 2,6 раза и при зазоре 5 мм - в 6,78 раза. Характерной особенностью фракционного состава дробленого гранитного материала является наличие продолговатых лещадных форм кусочков в массе разрушенных моделей зарядами обычной конструкции и кубообразных - в дробленном материале гранитных моделей, разрушенных зарядами с водно-песчаной оболочкой. Последнее обстоятельство указывает на более рациональное распределение энергии взрыва в ближней зоне заряда и, как следствие, более равномерное дробление средней и периферийной зон гранитных моделей.

Выполненные расчеты применительно к реальным условиям скважинной взрывной отбойки показывают, что выход переизмельченного продукта фракции 0...5 мм для скважин с диаметрами 216 мм с высотой колонки заряда равной 10 м составляет около 1300 кг, а для скважин с диаметром равным 250 мм – 1700 кг.

Вторым направлением применения рациональных конструкций зарядов по фактору наименьшего выхода переизмельченного продукта и максимального использования взрывогидравлического эффекта является применение скважинных зарядов с водно-гравийными промежутками между частями колонки скважинного заряда.

По результатам выполненных исследований установлено, что рациональными размерами водно-гравийных промежутков для скважин с диаметрами 216 мм и 250 мм являются соответственно промежутки 0,9 и 1,05 м, что обеспечивает уменьшение выхода переизмельченных фракций 0...5 мм на 10–12 %.

Главным направлением совершенствования буровзрывного комплекса с целью получения кондиционной взорванной горной массы на карьерах строительных материалов является использование способов взрывной отбойки с повышенным коэффициентом полезного действия взрыва, обеспечивающих уменьшенный контакт взрывчатых веществ с горной породой путем расширения сетки расположения скважин и применения водно-гравийных промежутков в колонке скважинного заряда.

Внедрение технологии взрывной отбойки с применением скважинных зарядов асимметричного действия на Чаплинском, Рыбальском, Токовском и Новопавловском гранитных карьерах позволило расширить сетку скважин на 17% : при использовании скважин с диаметром 216 мм сетка изменена с 6х6 м на 6,5х6,5 м, при диаметрах скважин 250 мм соответственно с 6,5х6,5 м до 7,0х7,0 м с последующим уменьшением выхода негабарита в 1,5 раза. Кстати, в это же

время на Запорожских гранитных карьерах сетка расположения скважинных зарядов составляла 6,5х 6,5 м при диаметре скважин равном 250 мм. В связи с таким уменьшением контакта взрывчатого вещества с горной породой при расширенной сетке скважин выход переизмельченного продукта фракции 0...5 мм (отсева) был снижен на 15-20%. Это в свою очередь это привело к увеличению выхода объема щебеночной продукции и к повышению ее качества: потребители начали использовать щебень с маркой 1200 по дробимости и маркой У-75 по сопротивлению удару для тяжелых бетонов и балластировки железнодорожного полотна.

Новая технология взрывной отбойки создает предпосылки для активного управления процессом взрывного разрушения уступа и направленного перемещения взорванной горной массы, а также формирования рациональной геометрической формы ее развала и разброса. Особенно заметно повышение эффективности дробления при использовании активной забойки в скважинных зарядах асимметричного действия [5, 6].

Перспективным направлением улучшения качества взрывной подготовки горной массы на гранитных карьерах может быть двухзвенная технология ведения взрывных работ. В настоящее время большинство карьеров используют трехкратную взрывную нагрузку определенной части горного массива, а именно: повторное взрывное нагружение верхней части уступа, ранее разрушенную скважинными зарядами перебура, и вторичное взрывание негабаритных кусков горной массы, что приводит к увеличенному выходу переизмельченных фракций 0–5 мм.

Первые опытно-промышленные массовые взрывы на Любимовском и Рыбальском карьерах показали, что при использовании скважинных монозарядов с торцевой линейной двугранной кумулятивной выемкой от перебура можно совсем отказаться [7]. При этом на Рыбальском гранитном карьере выполнены два массовых взрыва на пятнадцатиметровом уступе скважинными кумулятивными зарядами глубиной 14 м.

## **ВЫВОДЫ**

1. Применение водно-гравийных промежутков в колонке заряда обводненной скважины обеспечивает уменьшение расхода взрывчатых веществ на 10-12% и уменьшение выхода переизмельченного продукта (отсева фракции 0 –5 мм) на 5...7% .

2. Применение скважинных зарядов асимметричного действия позволяет расширить сетку расположения скважин и уменьшить удельный расход взрывчатых веществ на 17–19%, а также соответственно снизить выбросы вредных газов в атмосферу. Взрывная отбойка гранитов скважинными зарядами асимметричного действия обеспечивает повышенный выход качественной щебеночной продукции, которую можно использовать в тяжелых бетонах и при балластировке железнодорожного полотна.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кутузов, Б.Н. Пути решения проблемы получения заданного дробления горных пород при взрывании [Текст] / Б.Н. Кутузов // Механизмы разрушения горных пород взрывом : сб. науч. тр.. – Днепропетровск. : 1971. – С. 28-36.

2. Коул, Р. Подводные взрывы [Текст] / Р. Коул, – М.: Изд. иностр. лит. 1950. – 368 с.
3. Юткин, Л.В. Электро-гидравлический эффект [Текст] / Л.В. Юткин – М.: Машгиз : 1955. – 128 с.
4. Ханукаев, А.Н. О влиянии радиальных зазоров и воздушных промежутков на параметры волны напряжений в процессе разрушения [Текст] / А.Н. Ханукаев, – сб. науч. тр. “Взрывное дело” №54/11 : – М.: Недра. – С. 38-43.
5. А.с. №1240120 СССР, МКИ E21C 37/00, F42D 3/00 [Текст] / Косенко В.И. Способ создания скважинного заряда для отбойки горных пород. - Заяв. 23.06. 84; заявка № 6728357/22-3; опубл.23.05.86, Бюл. №23.
6. А.с. №1334876 СССР, МКИ E21C 37/00, F42 D 3/4. Способ взрывного дробления пород уступа [Текст] /. Косенко В.И – Заяв. 19.10.83; заявка № 7364372/22-3; опубл. 28.08.85, Бюл. №32.
7. Пат. №21696 А Украина. Кумулятивный цилиндрический заряд [Текст] / Косенко В.И.; заяв. 10.07.95, заявка № 95103235; опуб. 10.12.98, Бюл. №2.

**УДК 622.411.33:533.17**

Д.т.н., проф. С.П.Минеев  
(ИГТМ НАН Украины)  
канд. техн. наук А.А. Рубинский,  
инж. Л.М. Левченко, инж. Т.Ф. Росторгуева  
(МакНИИ)

## **ОБ ОЦЕНКЕ СОРБЦИОННОЙ МЕТАНОЕМКОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Розглянуті основні методики визначення сорбційної метаноемності вугільних пластів та дані рекомендації з їх модернізації

## **ABOUT AN ESTIMATION OF SORPTION CAPACITIES OF METANE IN COAL LAYERS**

The basic techniques of definition of sorbtion capacities of metane in coal layers are considered and recommendations on their modernization are given

При обработке газоносных и выбросоопасных угольных пластов в современных шахтах на больших глубинах возникает большое количество аварийных ситуаций, связанных в той или иной степени с шахтным газом. Это – различные газодинамические явления, загазование забоев, взрывы, пожары и др. В то же время современные тенденции развития угледобычи обусловлены в том числе и необходимостью учета различных взаимосвязанных факторов, многофазностью и неоднородностью угольных пластов, содержащих газ в свободном и сорбированном состоянии. Причем сорбированная газовая фаза, по данным многочисленных исследований, составляет основной резервуар запасов газа в угле и тем самым является определяющим фактором в развязывании газодинамических проявлений горного давления при нарушении равновесного состояния углепородного массива [1-6]. Тем не менее, в настоящее время отсутствует единая теория анализа состояния газа в угольном массиве. Этот вопрос является сложным, поскольку отсутствуют прямые экспериментальные подтверждения, касающиеся состояния метана в угольных пластах, а также единой и простой методологии оценки состояния газа, в первую очередь сорбированного. В связи с этим, в данной работе проанализированы основные из существующих