

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ГАЗОКУМУЛЯТИВНЫХ ЗАРЯДОВ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

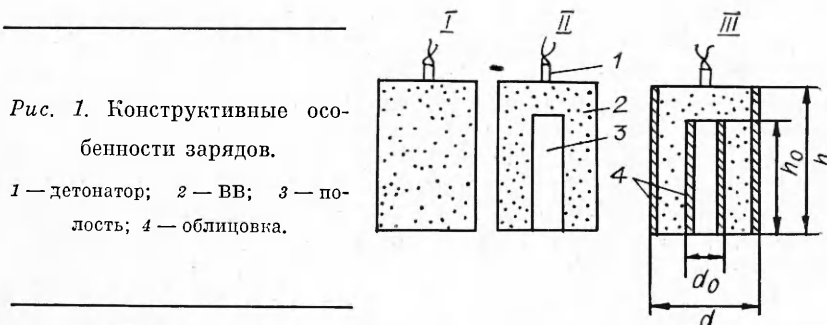
А. В. Михалюк, Ю. А. Писарев

(Киев)

Ряд технологий горного производства, связанный с использованием энергии взрыва для разрушения горных пород, требует применения не только специальных методов ведения взрывных работ, но и высокоэффективных конструкций зарядов усиленного разрушающего действия. Среди них проходка разнообразных (зарядных, эксплуатационных и т. п.) скважин [1], сооружение горных выработок контактным взрыванием [2], разрушение пород накладными зарядами [3] и др. С многими из них связана разработка принципиально новых технологий ведения горных работ (например, создание скоростных проходческих комплексов), поэтому повышение чрезвычайно низкого коэффициента полезного действия накладного заряда (заряда контактного действия) имеет большое практическое значение.

В работе [4] как одно из направлений повышения КПД взрыва рекомендуется использование газокумулятивных зарядов, позволяющих при определенных конструктивных характеристиках увеличить скорость ударной волны (УВ) в локальной области заряда на 65—75 % по сравнению со скоростью детонации взрывчатого вещества (ВВ), при этом коэффициент преобразования энергии ВВ в кинетическую энергию сверхзвуковой газокумулятивной струи может достигнуть 40 % [5]. Поскольку давление, развивающееся при взаимодействии волны с преградой, пропорционально квадрату ее скорости, можно ожидать, что при взрывах газокумулятивных зарядов амплитуда воздействия на породный массив значительно (в 2—3 раза) возрастает и соответственно увеличивается область (объем) разрушений. Это предположение проверено экспериментально многократным последовательным взрыванием газокумулятивных зарядов на поверхности гранитного массива. Усредненные свойства гранитов характеризовались следующими показателями: плотность $2,72 \cdot 10^3$ кг/м³, пористость 0,3 %, модуль Юнга $6,6 \cdot 10^{10}$ Па, модуль сдвига $2,7 \cdot 10^{10}$ Па, коэффициент Пуассона 0,24, скорость продольных упругих волн 5,4 км/с, поперечных 3,2 км/с, предел прочности при одноосном сжатии $(1,4 \div 1,9) \cdot 10^8$ Па.

Общий вид газокумулятивных зарядов, использованных при проведении экспериментов, и их конструктивные особенности показаны на рис. 1. Всего испытано четыре типа зарядов, в которых в качестве ВВ использовался аммонит 6ЖВ, подпрессованный до плотности 10³ кг/м³. Тип I — контрольный — это сплошной заряд (без воздушной полости); заряды типов II и III имели по оси воздушную цилиндрическую полость высотой соответственно 1/3 и 2/3 высоты заряда. Для сохранения формы заряды I—III размещались в оболочках из плотной бумаги.



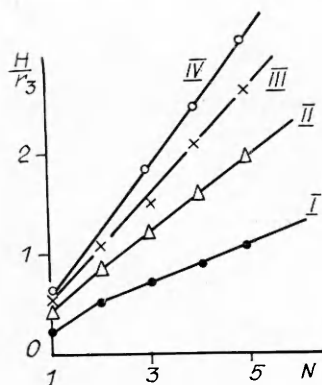


Рис. 2. Изменение глубины воронки после взрыва 1, 2, ..., N -го заряда (I—IV — тип заряда).

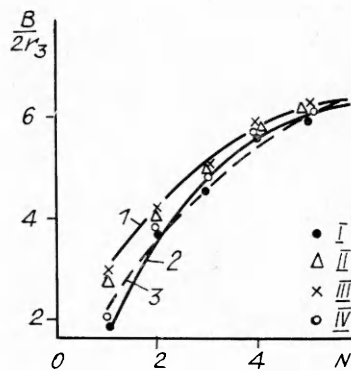


Рис. 3. Изменение ширины по верху воронки разрушения в зависимости от количества взрывов (I—IV — тип заряда).

Тип IV аналогичен типу III, однако в качестве оболочки использовалась облицовка из бронзовой листовой фольги толщиной 0,2 мм. Габаритные размеры всех зарядов были одинаковы: высота $h = 90$ мм, диаметр $d = 60$ мм, диаметр внутренней полости $d_0 = 30$ мм. Такое соотношение диаметров заряда и внутренней полости принято на основании результатов исследований [5], согласно которым для зарядов в инертных оболочках максимальная скорость фронта ударных волн наблюдается при $d/d_0 = 2$.

Механическое действие зарядов оценивалось по размерам воронки разрушения гранитов и их изменению в процессе взрывания в тех же точках стояния по методике, подробно описанной в работе [3]. За результат опыта принималась величина, усредненная не менее чем по 5 независимым наблюдениям. Поскольку скорость изменения глубины воронки разрушения стабилизируется после первых двух-трех взрывов, а ее ширина — после пяти-шести взрывов [3], количество последовательных взрывов в каждой точке стояния принято равным пяти. Таким образом, изложенные ниже результаты исследований установлены на основании более 100 опытов.

На рис. 2 приведены зависимости, иллюстрирующие изменение общей глубины H воронки разрушения гранитов. Видно, что прирост глубины воронки за взрыв в первом приближении постоянен и может рассматриваться как характеристика механического действия взрыва. Для возможности распространения результатов наблюдений на массы зарядов, отличающихся от использованных в экспериментах, а также для сравнения с литературными данными для других типов ВВ [2, 3], параметры воронок разрушения приводились к безразмерным величинам, численно равным отношению их абсолютного значения к радиусу эквивалентного заряда прессованного тротила.

Количественные расчеты, связанные с обработкой результатов наблюдений, показали, что для первого типа заряда (контрольного) средняя глубина воронки от взрыва одного заряда составляет $0,20 \div 0,22r_3$ (r_3 — радиус эквивалентного тротилового заряда), для типов II—IV $H = 0,37 \div 0,39$, $0,52 \div 0,53r_3$ и $0,61 \div 0,62r_3$ соответственно. Если учесть различия в детонационных характеристиках прессованного тротила и аммонита 6ЖВ, легко убедиться в том, что полученный для зарядов типа I результат удовлетворительно совпадает с приведенными в [3] данными о работе накладных тротильных зарядов в гранитах.

Наличие внутренней воздушной полости значительно повышает эффективность механической работы заряда. Так, уже для зарядов с полостью, имеющей равные диаметр и высоту (глубину), размеры зоны разрушения по глубине воронки возрастают на 77—85%, для зарядов с полостью, высота которой вдвое больше диаметра, углубление воронок

ки за взрыв возрастает в $2,41 \div 2,60$ раза. Это свидетельствует о том, что газокумулятивные заряды обладают повышенной разрушающей способностью по направлению распространения УВ.

Влияние конструкции заряда и последовательности взрывания на ширину воронки выброса (поверху) B иллюстрируется кривыми на рис. 3. Кривыми 1, 2, построенными для зарядов III и I, ограничена область вариации параметра B для различных типов зарядов. Видно, что радиусы воронок изменяются для различных зарядов в узких пределах, что скорее следует отнести к некоторой нестабильности свойств и естественной дефектности структуры гранитов, чем к влиянию типа заряда. Об этом свидетельствует и сравнение полученных результатов с зависимостью $B(N)$ для взрывов зарядов тротила, приведенной в работе [3] (см. рис. 3, 3).

Общий вид кривых 1—3 на рис. 3 позволяет сделать вывод, что ширина воронки по мере ее углубления при последовательном взрывании однотипных зарядов стабилизируется на уровне 6—7 калибров после 6—8 взрывов, что также в количественном отношении совпадает с изложенным в [3].

С точки зрения увеличения скорости воздушной УВ и, соответственно, глубины воронки длину газокумулятивного заряда следует выбирать такой, чтобы $h_0/d_0 \approx 7 \div 25$, так как в этом случае на рабочем торце заряда скорость УВ достигает максимума [5]. В то же время формирование поперечных размеров воронок разрушения завершается при достижении глубины 1—3 калибра заряда. Таким образом, основная масса ВВ газокумулятивного заряда расходуется на разгон УВ. Поскольку этот процесс нелинейно затухающий или (при достаточно большой длине заряда) пульсирующий, создаются предпосылки для оптимизации конструкции заряда по условию наибольшей эффективности разрушающего действия газокумулятивного заряда.

Поскольку амплитуда динамического воздействия струи на преграду пропорциональна ее плотности, как один из методов повышения КПД взрыва газокумулятивного заряда испытано покрытие газокумулятивного капала облицовкой из тяжелых металлов. В зарядах типа IV для этой цели использовалась фольга из бериллиевой бронзы. Этот же материал применялся и для изготовления общего корпуса заряда. Как следует из рис. 2, наличие металлической облицовки поверхностей заряда способствует повышению механического эффекта взрыва: глубина воронки разрушения возрастает почти на 20 %, что достаточно ощутимо. Судя по рис. 3, наличие облицовки не приводит к заметному изменению поперечных размеров воронки, поэтому повышение механического КПД взрыва прежде всего связывается с увеличением плотности газа в газокумулятивной струе.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

— по механическому действию в части направленного разрушения горных пород газокумулятивные заряды более эффективны по сравнению с обычными накладными зарядами;

— в зависимости от параметров газокумулятивного капала, а также от свойств материала его облицовки разрушающее действие заряда по направлению распространения УВ может быть увеличено не менее чем в 2,9—3,1 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Veselinović V. Miniranje, 1978, X, 1, 17.
2. Синицын А. П., Киселев О. И. Изв. вузов. Горный журнал, 1983, 7, 62.
3. Вовк А. А., Михалюк А. В., Парщук П. А. Там же, 1982, 1, 31.
4. Мерзиевский Л. А., Титов В. М., Фадеев Ю. И. и др. ФГВ, 1987, 23, 5, 77.
5. Титов В. М., Швецов Г. А. Там же, 1980, 16, 5, 47.

Поступила в редакцию 16/II 1988