УДК 622.235

Ю.И.ВИНОГРАДОВ, *канд. техн. наук, доцент, Vinogradov_Yuri@mail.ru*
В.А.АРТЕМОВ, *канд. техн. наук, доцент, (812) 328-82-54*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Y.I.VINOGRADOV, *PhD in eng. sc., associate professor, Vinogradov_Yuri@mail.ru*
V.S.ARTEMOV, *PhD in eng. sc., associate professor, (812) 328-82-54*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ЗАРЯДА НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА

Выполненные исследования доказывают, что сейсмический эффект взрыва – скорость смещения в сейсмовзрывной волне и коэффициент полезного действия взрыва являются функцией удельной поверхности контакта заряда с массивом горных пород. Предложена зависимость коэффициента взрывного дробления от вариации диаметра и плотности заряда ВВ.

***Ключевые слова*:** диаметр, заряд ВВ, поверхность заряда, скорость смещения, дробление, коэффициент полезного действия, взрыв.

BLASTING CHARGE DIAMETER INFLUENCE ON THE BLASTING EFFICIENCY

Research carried out proves that blast seismic effect i.e. displacement velocity in a seismic wave and efficiency are the function of specific charge with rock mass contact surface. Dependence of blasting fragmentation coefficient from diameters and charge density variation is given.

***Key words*:** diameters, charge density, charge surface, displacement velocity, blasting fragmentation, efficiency, blasting.

Характерной особенностью технологии добычи полезного ископаемого в России и республиках ближнего зарубежья является интенсивная замена физически и морально изношенной техники. Очень серьезно этот процесс коснулся буровых станков для бурения взрывных скважин. Еще 30 лет назад основным буровым станком на карьерах являлся СБШ-250 с диаметром скважин 243 и 269 мм. Причем этим станком бурили скважины на месторождениях практически всех полезных ископаемых (черных и цветных металлов, химического сырья, строительных материалов и т.д.) независимо от производительности предприятия. Естественно, все значения параметров буровзрывных работ были ориентированы на диаметр 250 мм. В настоящее время весьма актуален вопрос о том, как следует изменять основные параметры буровзрывных работ при наличии широкой возможности изменения диаметра заряда.

Согласно принципу подобия, влияние диаметра заряда на количественные характеристики гранулометрического состава взорванной горной массы определяется одинаковыми параметрами напряженного состояния массива при одинаковых значениях удельных энергозатрат на дробление. Однако целый ряд исследований показал, что при повышении диаметра заряда требуется увеличение удельного расхода ВВ для получения одинаковой степени дробления. Это свидетельствует о том, что выполнение принципов подобия в распределении энергии взрыва не обеспечивает подобного дробления массива горных пород. Более то-

го, суммарная удельная вновь образованная поверхность кусков раздробленной породы тем больше, чем меньше диаметр заряда. Этим объясняется факт увеличения нормы удельного расхода ВВ при больших диаметрах по отношениям к нормам, установленным для малых диаметров скважин.

Данное противоречие можно объяснить только изменением доли энергии, передаваемой зарядом массиву горных пород.

Как показал анализ выполненных ранее работ [1], идеальный вариант экспериментальных исследований изменения затрат энергии взрыва на дробление горных пород, при котором изменяется лишь исследуемый параметр (диаметр заряда), практически невозможен. Поэтому нами была проведена серия опытных взрывов при условии: 1) сохранения объема и физико-механических свойств массива горных пород, полной энергии и высоты заряда, плотности и типа ВВ, объема заряда при изменении его диаметра и конструкции; 2) сохранения объема и физико-механических свойств массива горных пород, полной энергии заряда, плотности и типа ВВ, объема заряда при изменении его диаметра и высоты.

Проведение экспериментов в двух вариантах, по нашему мнению, позволяет с достаточной вероятностью судить о том, какая характеристика заряда ВВ при изменении его диаметра влияет на КПД взрывного дробления.

Первый вариант экспериментов был выполнен нами в условиях железистых кварцитов Оленегорского карьера с использованием метода воронкообразования. Результаты взрыва зарядов ВВ, размещенных в скважинах, пробуренных в массиве на различную глубину от свободной поверхности, оценивались объемом воронки разрушения и гранулометрическим составом взорванной горной массы. Кроме того, условия проведения экспериментов включали определение кинематических параметров движения среды в волне напряжений при малых значениях относительных расстояний от заряда, т.е. практически в зоне разрушения. Экспериментальные взрывы проводились на специально подготовленном участке карьерного поля по следующей схеме.

1. Диаметр заряда в различных сериях данного опыта составлял соответственно 76, 105, 132 мм при сохранении его высоты, энергии, типа ВВ и массы заряда. В данном эксперименте применялся аммонит № 6ЖВ. Масса заряда (Q) составляла 1,6 кг. Высота зарядов различного диаметра выдерживалась постоянной путем размещения бетонных стержней в центре заряда. Технология изготовления зарядов заключалась в приготовлении бумажных гильз диаметром 76, 105, 132 мм и бетонных стержней 73, 108 мм, которые вставлялись в бумажные гильзы диаметром 105 и 132 мм. В радиальный зазор между гильзой и стержнем насыпался заряд аммонита № 6ЖВ массой 1,6 кг.

2. Заряды каждого диаметра размещались в скважинах переменной глубины W: 2,0; 1,6; 1,2; 0,9; 0,6 м.

3. После взрыва проводился обмер объема полученных воронок с определением гранулометрического состава взорванной горной массы методами ситового анализа и фотопланиметрии.

4. Значения ускорений на различных относительных расстояниях от центра заряда определялись при помощи пьезоакселерометров.

В контрольной серии взрывов при сплошной колонке заряда диаметром 76 мм акселерометры устанавливали в измерительных скважинах на одной глубине с центром заряда, в точках, расположенных на прямой, перпендикулярной оси заряда.

Как видно из графика (рис.1), наиболее важный результат проведенных исследований состоит в том, что определен характер изменения скорости и ускорения массива пород при изменении поверхности заряда ВВ. Значения этих величин, измеренных на одинаковых расстояниях от центра заряда, приведенные к их действительным радиусам, соответствуют значениям скоростей и ускорений в массиве пород, полученным для сплошного заряда ВВ в контрольной серии опытов [3].

Таким образом, эксперименты по взрыванию массива горных пород зарядами постоянной массы и переменного диаметра с заполнением центральной осевой части заряда инертным вкладышем установили, что

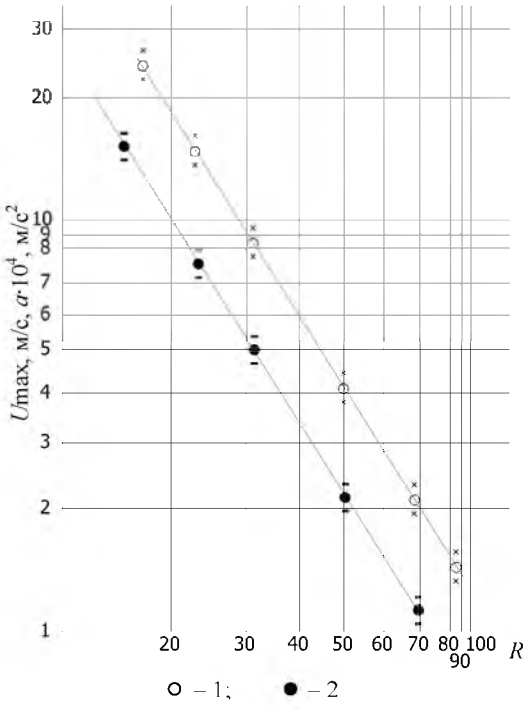


Рис.1. Изменение скорости U_{max} и ускорения a смещения частиц массива пород на различных относительных расстояниях от центра заряда R

1 – ускорение смещения частиц массива, 2 – скорости смещения частиц массива

равные значения ускорений и скоростей смещения массива соответствуют одинаковым значениям относительных расстояний до сплошного заряда ВВ.

Этот факт свидетельствует о том, что заряд с инертным вкладышем работает подобно сплошному заряду этого же диаметра, объем которого больше объема действительного заряда на объем инертного вкладыша. Это важное обстоятельство позволяет считать, что увеличение удельной поверхности заряда постоянной массы при увеличении его диаметра с заполнением центральной части заряда инертным вкладышем повышает зону сейсмического действия взрыва (зону равных значений скоростей и ускорений смещения массива пород) пропорционально условному увеличению удельного объема зарядов ВВ.

В соответствии с рекомендациями, изложенными в работах [1, 2], были расчитаны относительные значения КПД взрывного дробления η. По трем сериям опытов они меняются (рис.2) пропорционально отношению диаметров зарядов D в степени 4/3:

$$\frac{\eta_i}{\eta_0} = \left(\frac{D_i}{D_0}\right)^{4/3}. \qquad (1)$$

Однако постановка эксперимента была организована таким образом, что определяющим параметром являлся не диаметр заряда, а удельная поверхность контакта заряда с зарядной полостью, т.е. отношение поверхности заряда к его массе. Поэтому вышеуказанное соотношение должно быть выражено следующим образом:

$$\eta_i = \eta_0 \left(\frac{D_0\rho_0}{D_i\rho_i}\right)^{4/3}. \qquad (2)$$

Здесь D_i, ρ_i, η_i – соответственно диаметр, плотность и коэффициент полезного действия нового заряда ВВ.

Проведенная серия опытов убедительно показала, что эффективность дробления горных пород взрывом определяется периферийной частью заряда ВВ, приращением поверхности заряда, эквивалентного приращению его объема, именно потому, что за счет центральной (непроизводительно затрачиваемой его части) увеличивается периферийная масса заряда.

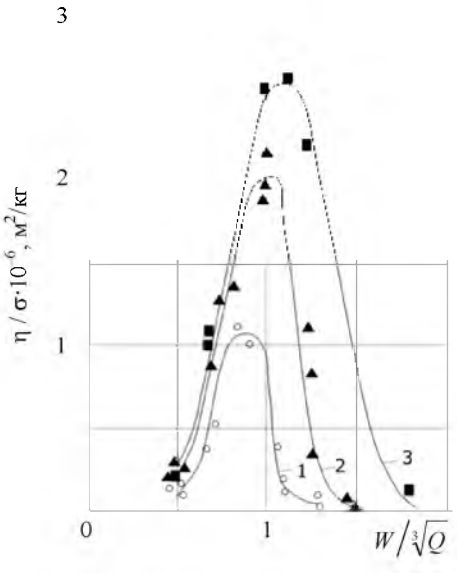


Рис.2. Влияние диаметра заряда ВВ постоянной энергии и объема на эффективность взрывного дробления

σ – плотностная характеристика массива горных пород, кг/м^2; 1 – диаметр 76 мм; 2 – диаметр 105 мм; 3 – диаметр 132 мм

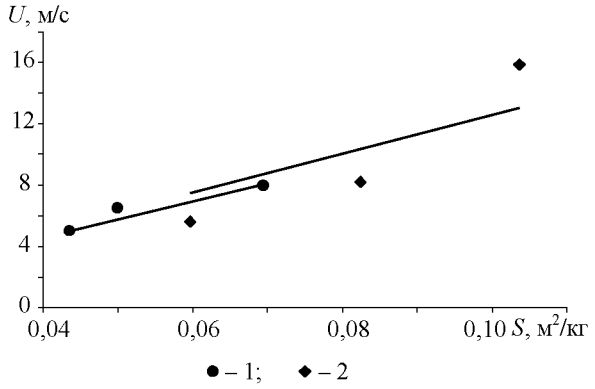


Рис.3. Зависимость скорости смещения частиц массива горных пород от удельной поверхности контакта заряда с породой *S*

1 – результаты измерений на гранитогрейсах; 2 – результаты измерений в железистых кварцитах Оленегорского ГОКа

Второй вариант экспериментов был выполнен на гранитогнейсах в Ленинградской области. Методика экспериментальных исследований предусматривала проведение трех серий опытных взрывов одиночного заряда аммонита № 6ЖВ массой 1,2 кг, размещенного на одной глубине 1,2 м, при переменном диаметре (64, 89, 102 мм). Таким образом, глубина заложения заряда соответствует приведенной линии наименьшего сопротивления, равной 1,0, при которой были получены максимальные значения скоростей и ускорений смещения массива горных пород. Кинематические параметры движения среды в волне измерялись пьезоакселерометрами, расположенными на одинаковом расстоянии от заряда, равном 1,0 м, что для диаметра заряда 64 мм соответствует 30 относительным радиусам.

Взрывы заряда ВВ каждого диаметра повторяли 4 раза (рис.3).

Из приведенных результатов следует, что сейсмический эффект взрыва – скорость смещения в сейсмовзрывной волне и КПД являются функцией удельной поверхности контакта заряда с массивом горных пород. Изменение КПД взрывного дробления может быть определено при помощи зависимости (2).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов Ю.И.* Исследование удельных энергозатрат и сетки расположения скважин на эффективность дробления горных пород взрывом: Автореф. дис. … канд. техн. наук / Ленингр. горный ин-т. Л., 1976. 23 с.

2. *Виноградов Ю.И.* Возможность распределения энергии взрыва по основным формам работы // Новые исследования в горном деле / Ленингр. горный ин-т. Л., 1975. Вып.8. С.7-9.

3. *Макарьев В.П.* Измерение сейсмовзрывных волн в массиве при взрыве заряда ВВ постоянной энергии и переменном диаметре / Ю.И.Виноградов, М.А.Нефедов, Е.А.Деев // Взрывное дело. 1983. № 85/42. С.124-127.

REFERENCES

1. *Vinogradov Y.I.* The investigation of specific power inputs and boreholes arrangement influence on the blasting rock fragmentation efficiency: Research Paper / Leningrad Mining Institute. Leningrad, 1976. 23 p.

2. *Vinogradov Y.I.* Possibility main work forms of blasting energy distribution // New mining researches / Leningrad Mining Institute. Leningrad, 1975. N 8. P.7-9.

3. *Makariev V P.* Seismic waves measurement in the rock during blasting of explosive charge with constant energy and changing diameter // Y.I.Vinogradov, M.A.Nefedov, E.A.Deev // Blasting work. 1983. N 85/42. P.124-127.