Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г.В.Плеханова, 1984, т. 99

УДК 622.235 + 622.233

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО РАЗРУШЕНИЮ ПЛАСТИНОК ГОРНЫХ ПОРОД УДАРОМ И ВЗРЫВОМ

В.А.БЕЗМАТЕРНЫХ, А.С.ЩУКИН,
С.М.ПЕТУХОВ

Процесс образования кусков при разрушении горной породы ударом или взрывом в статистике размеров кусков исследуется с позиций возможности описания распределения случайных кусков подходящим аналитическим выражением [6, 9, I2].

Другой подход был указан Дж.Гилварри, который впервые получил теоретическим путем экспоненциальное распределение размеров кусков на основе представлений об активации дефектов Гриффитса, имеющихся в твердом хрупком материале [I4]. Этот подход в исследовании процесса образования кусков при взрыве был обобщен, что привело к описанию гранулометрического состава двухмодальным распределением [3]. В статистической модели процесса разрушения действию прямой волны напряжений ставится в соответствие экспоненциальное распределение размеров кусков, а действию отраженной от свободной поверхности волны напряжений – распределение Ралея.

Рассматриваемая модель процесса образования кусков при взрывах цилиндрических зарядов ВВ дает возможность решить следующие задачи.

I. Определение характера распределения размеров кусков при разрушении цилиндрических образцов с сечением произвольной формы [2].

2. Определение зависимости гранулометрического состава от положения заряда в образце [8] и от коэффициента сближения между зарядами [I0].

3. Установление связи экспоненциального распределения размеров кусков с гидродинамическим критерием дробимости горной породы [4].

Для решения этих задач был создан метод расчета параметров двучленных распределений вида:

$$P(x) = \omega_1 P_1(x) + \omega_2 P_2(x),$$

где ω_1 и ω_2 – доли плотности распределений $P_1(x_1), P_2(x)$ в суммарном распределении $P(x)$, $\omega_1 + \omega_2 = I$.

Плотности распределения $P_1(x)$, $P_2(x)$ могут быть многовершинными, но каждое зависит только от одного параметра $\sigma_{1,2}$. Величины ω_1, ω_2, σ_1, σ_2 выражаются через моменты распределения $P(x)$, что позволяет по гранулометрическому составу, полученному в эксперименте, определить изменение этих параметров от изменения условий взрывания или силы удара [I, 5].

Решение ряда традиционных задач взрывного дела в рамках одной модели процесса разрушения, установление связи с гидродинамическим подходом в ис-

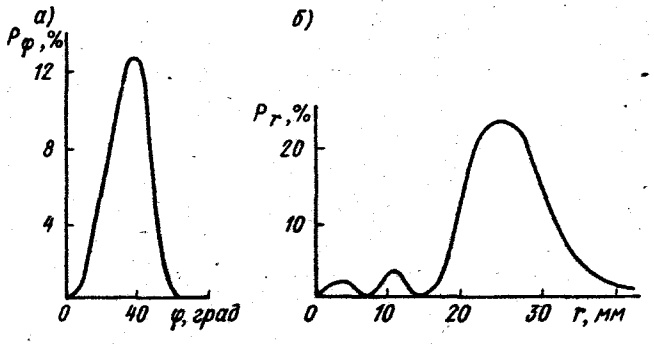
следовании волновых процессов при разрушении – все это указывает на значительную правдоподобность первоначальной статистической модели Дж.Гилварри и ее последующего развития. Использование этой же модели для исследования гранулометрического состава горной массы на карьерах с учетом трещиноватости исходного массива, акустической жесткости горной породы, сетки и угла наклона скважин [7] показало применимость статистического метода к широкому кругу задач взрывного дела.

Во всех экспериментах по разрушению горных пород взрывом ситовой анализ или метод фотопланограмм не давал указаний о месте в образце, где образовался данный кусок. Именно это ставило под сомнение правильность строгого соответствия действия прямой и отраженной волн определенным распределениям размеров кусков. Кроме того, отсутствие явной связи статистической модели с волновой теорией разрушения горных пород требовало выбрать объекты разрушения, колебания которых легко рассчитываются.

Пластинки горных пород, напиленные из кернов, подвергались действию удара и взрыва [II]. Динамическое поведение системы (разрушаемой пластинки) изучалось методом статистических ансамблей – в одинаковых условиях разрушались отдельные группы пластинок горных пород. После ударов или взрывов куски пластинок склеивались и по восстановленной пластинке судили о месте выхода кусков определенного размера.

При слабых ударах по центру, когда пластинка высотой 10–15 мм разламывалась на части (от двух до восьми), плоскости радиальных трещин были перпендикулярны поверхности пластинки. При увеличении ударной нагрузки появлялись кольцевые трещины на пластинке.

Радиус кольцевой трещины на поверхности пластинки со стороны удара меньше радиуса кольцевой трещины с противоположной стороны пластинки. Угол наклона трещины к оси $z0$ составлял в среднем 45°. Отсюда следует, что возмущения, вызывающие движение трещины, распространяются с одинаковой скоростью по осям oz, oy. Гранулометрический состав разрушенных таким образом пластинок имеет два распределения: угловых φ размеров кусков (см. рисунок, а) и радиальных r размеров кусков (см. рисунок, б). Мелкие куски,



Характер распределения радиальных и кольцевых трещин

описываемые распределением Розина – Раммлера, практически отсутствуют. Наличие двух пиков в плотности распределения радиальных размеров понятно, поскольку радиальная трещина делит радиус пластинки на две неравные части.

Дальнейшее увеличение интенсивности разрушения достигалось взрывом заряда в центральном сквозном отверстии разного диаметра. Количество радиальных трещин $2n$ было не более 12 при двух-четырех кольцевых трещинах, количество мелких кусков в окрестности заряда, описываемых распределением Розина – Раммлера, составляло 1-3 % от массы пластинки. В этом случае модель двучленного распределения не вызывает сомнений. Между второй и третьей кольцевыми трещинами или третьей и четвертой (при четырех кольцевых трещинах) появляется кольцевая область мелких кусков, которые следовало бы отнести к распределению Розина – Раммлера. Противоречия – действие прямой волны напряжений – распределение Розина – Раммлера и отраженная волна напряжений – распределение Ралея – не будет, если плотность распределения размеров кусков $P_2(r)$ будет иметь пик в диапазоне мелких кусков (см. рисунок, б). Такие выражения получены в работе [1], распределения $P_2(r)$ выражаются в виде полиномов, которые имеют экспоненциальное убывание при больших размерах кусков.

Таким образом, эксперименты с разрушением пластинок горных пород позволили установить, что распределение Ралея является хорошим приближением для описания гранулометрического состава при ситовом анализе горной массы или с помощью фотопланограмм, более точное распределение $P_2(r)$ имеет ряд пиков.

Соответствие в распределении размеров кусков первого члена $P_1(r)$ действию прямой волны напряжений, а второго $P_2(r)$ – действию отраженной от свободной поверхности волны напряжений подтверждается описанными опытами и соответствует выводам волновой теории и экспериментам [13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Безматерных В.А. Разрушение стержней горных пород взрывом. – Изв. вузов, Горный журнал, 1982, № 9.

2. Безматерных В.А. Распределение размеров осколков для цилиндрических образцов с сечением произвольной формы. – Изв. вузов, Горный журнал, 1976, № 3.

3. Безматерных В.А., Симанов В.Г., Гилев Б.А. Классификация массивов горных пород по типу распределения размеров кусков. – Изв. вузов, Горный журнал, 1973, № 10.

4. Безматерных В.А., Симанов В.Г. Симметрия и критерий дробимости в статистике осколков. – Изв. вузов, Горный журнал, 1978, № 12.

5. Безматерных В.А. Оценка результатов разрушения при соударении образцов горных пород с преградой. – Изв. вузов, Горный журнал, 1977, № 9.

6. Бирюков А.В., Репин Н.Я. Анализ применимости некоторых законов распределения при изучении кусковатости смесей. – Тр. КузПИ, Кемерово, 1973, вып. 48.

7. Зависимость гранулометрического состава от параметров взрыва в трещиноватых массивах / В.А.Безматерных, А.С.Щукин, А.З.Яшкин, В.Н.Рождественский. – Изв. вузов, Горный журнал, 1980, № 1.

8. Зависимость гранулометрического состава от положения заряда в образце / В.А.Безматерных, В.Г.Симанов, В.А.Рухлов, Н.Н.Гурьянова. – Изв. вузов, Горный журнал, 1974, № 4.

9. Падуков В.А., Макарьев В.П. Прогнозирование кусковатости горной массы при взрывных работах. – Физические процессы горного производства, Межвуз. сб., вып. 2, Л., изд. ЛГИ, 1975.

10. Симанов В.Г., Безматерных В.А. Зависимость гранулометрического состава от коэффициента сближения между зарядами. – Изв. вузов, Горный журнал, 1976, № 2.

11. Соответствие характера разрушения колебаниям пластинок горных пород / В.А.Безматерных, А.С.Шукин, В.Г.Симанов, В.И.Лутошкин, А.А.Рукавишников. – Физические процессы горного производства. Межвуз. сб., вып. 10. Л., изд. ЛГИ, 1982.

12. Фадеенков Н.Н. О применимости закона Розина – Раммлера к анализу грансостава взорванной горной массы. – ФТПРПИ, 1974, № 6.

13. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. М., Недра, 1974.

14. G i l v a r r y J.J. – J. Appl. Phys., I-II, 1961, v.32, N 3.