

УДК 678.017: 620.17

Черникова Т.М., профессор, д.т.н.  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
Михайлова Е.А., ведущий специалист, к. т. н.  
ОДУ Сибири  
г. Кемерово

## О КОНТРОЛЕ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ПАРАМЕТРАМ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ

Актуальность разработки методов контроля разрушения горных пород не вызывает сомнения, поскольку диагностика разрушения тесно связана с безопасностью техногенных объектов и безопасностью труда. Одним из методов контроля разрушения является метод, основанный на регистрации импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ), возникающего при распространении трещин [1].

В работе предлагается метод разделения суперпозиции импульсов ЭМИ по энергиям, дающий возможность изучать механизм деформации и разрушения горных пород.

Поскольку энергия импульсов пропорциональна квадратам амплитуд

$$W \sim k \sum_{i=1}^n A_i^2 N_i,$$

определяя амплитуду импульсов при равномерном нагружении образца, можно качественно оценить, на каком этапе разрушения происходит появление микродефектов, накопление которых приводит к разрушению.  $A_i$  – амплитуда зарегистрированного импульса,  $N_i$  – число импульсов данной амплитуды,  $k$  – коэффициент пропорциональности,  $n$  – количество интервалов, на которые разбивается весь измеряемый амплитудный диапазон импульсов.

В качестве количественной оценки соотношения импульсов больших и малых амплитуд использовалось выражение

$$m = \lg \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} / \lg \frac{A_i}{A_0}, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^n N_i$  – общее число импульсов, имеющих амплитуды, превышающие пороговую  $A_0$ . Коэффициент  $m$  характеризует долю импульсов с определенной амплитудой  $A_i$ .

Разделив с помощью зависимости (1) все регистрируемые в ходе испытаний импульсы, можно оценить энергию каждой группы сигналов ЭМИ.

В результате проведенных исследований установлено, что энерговыделение в процессе нагружения образцов горных пород протекает по-разному.

Например, для кварцевого диорита все импульсы разделились на три группы.

1.  $m < 1$  ( $m = 0,35$ ). Импульсы несут 99,3% суммарной энергии, составляя 13,2% суперпозиции импульсов;
2.  $m = 1 \div 2$ , несут 0,53% суммарной энергии, составляя 56,6% суперпозиции импульсов;
3.  $m > 2$ , несут только 0,085% всей энергии, составляя 30% суперпозиции импульсов.

Импульсы первой группы имеют энергию на порядок больше, чем импульсы второй группы (в 20-25 раз больше) и наблюдаются при расколе образца.

Импульсы третьего типа ( $m > 2$ ) генерируются в течение всего времени испытания образцов, хотя их активность изменяется на разных стадиях. Импульсы второго типа ( $m = 1 \div 2$ ) появляются при деформациях  $\varepsilon \approx 4\%$  и регистрируются до разрушения, хотя перед разрушением их активность несколько снижается. Самые высокоэнергетичные импульсы ( $m < 1$ ) наблюдаются непосредственно перед разрушением и в момент раскола образцов кварцевого диорита.

Для более пластичной горной породы, мраморизованного доломита, импульсы также можно разделить на три типа. Для данной породы при разрушении выделяется 89-90% суммарной энергии ЭМИ. На менее энергетичные импульсы приходится уже большая часть энергии (по сравнению с кварцевым диоритом)  $\sim 9 \div 10\%$ .

Импульсы третьего типа ( $m > 2$ ) наблюдаются в процессе всего нагружения. Импульсы второго типа имеют максимумы при деформациях  $\varepsilon = 0,5\%$  и  $\varepsilon = 5\%$ . Самые высокоэнергетичные импульсы ( $m < 1$ ) также наблюдаются перед разрушением и в момент разрушения образца. Эти импульсы несут 89,4% суммарной энергии ЭМИ, составляя всего 2,9% всей суперпозиции импульсов.

Изучение распределения импульсов по энергиям на разных стадиях нагружения позволяет получить полезную информацию о кинетике

микроразрушений. Уменьшение коэффициента  $m$  свидетельствует об увеличении доли импульсов с большой амплитудой, следовательно, большой энергией, что соответствует появлению макродефектов.

Таким образом, контролируя параметр  $m$  можно оценивать не только качественно, но и количественно стадию разрушения горных пород. Проведенные исследования способствуют разработке методов контроля разрушения материалов и, следовательно, обеспечению безопасности условий труда.

### Список литературы

1. Черникова, Т.М. Метод контроля разрушения композиционных материалов на основе анализа электромагнитного излучения // Т.М. Черникова, В.В. Иванов // Естественные и технические науки.– 2012.– № 6. – С.365-369.