В данном случае при сглаживании по пяти точкам при оптимальной платежной матрице суммарная вероятность ошибки имеет величину около 14%.

Таблица 2 – Сравнение результатов распознавания по 1 сигналу при различной ширине интервала сглаживания скользящей медианой

| Кол-во отсчетов, часть сигнала (1 или 2) | Ширина окна сглаживания по количеству гармоник | Минимальная вероятность ошибки |
|---|---|---|
| 256-1 | 3 | 0,18 |
| | 5 | 0,17 |
| | 7 | 0,18 |
| 256-2 | 3 | 0,17 |
| | 5 | 0,14 |
| | 7 | 0,18 |

Первая часть сигнала АЭ характеризует собой процесс развития трещин, вторая часть связана с областью максимальной энергии. Обращает на себя внимание, что минимальная вероятность ошибки получена для второй части сигнала. Дальнейшее уменьшение вероятности ошибки может быть достигнуто сглаживанием гармонических составляющих по ансамблю из нескольких сигналов.

Работа выполнена в рамках гранта поддержки ведущих научных школ № 00-15-98590.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский А.С., Вознесенский В.А. Информационные критерии качества распознавания состояния объектов и выбор параметров для его осуществления // Информационные технологии. 1996, № 5. - с. 35-39.

**УДК 622.235**

И.В. Ульянов

## РАЗРУШЕНИЕ ПОРОД ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Розглянуто вплив тривалості імпульсу навантаження на характер руйнування порід з оглядом на реологічні фактори.

## ROCKS DESTRUCTION AT IMPULSE LOADING

The influence of loading impulse duration on character of breeds' destruction with the account reological factors is considered.

Изучение кинетики разрушения показало, что в динамике существует определенное взаимоотношение между импульсом и спектром взаимодействующих с ним трещин-дефектов в материале. Как оказывается, короткие импульсы с высоким пиком напряжений могут воздействовать только на короткие трещины-дефекты, длинный же импульс равной энергии с низким пиком напряжений может воздействовать преимущественно на относительно длинные трещины.

На практике это выражается в следующем: короткий скачок-импульс может измельчать среду и быстро «затухать», длинный же вызывает менее густую сеть трещин, но проникнуть может глубже и в итоге разрыхлить массив в больших объёмах.

В развитой на настоящее время теории описанные процессы можно представить с использованием математической теории разрушения. Постановка задачи имеет следующий вид. Пусть в породном массиве со свободной поверхностью пробурены шпуры, в которые заложены взрывчатые вещества. В результате их взрыва производится взрывное нагружение пород с длительностью импульса $\xi$ и изменением функции импульса $\sigma(t)$. Порода обладает упругими и неупругими свойствами, структура её представляет среду, насыщенную дефектами-трещинами и склонную к разрушению по направлениям дефектов-трещин с характерными линейными размерами *c.* Необходимо определить связь предельных характеристик воздействия со свойствами и параметрами разрушения среды, в нашем случае это породный массив.

В динамической механике разрушения, связанного с импульсным воздействием на твердые тела, критериальная связь предельных параметров определяется по классическому условию равенства или превышения энергией активного воздействия энергии, необходимой для разрушения. Энергия разрушения среды в виде развития дефектов-трещин определенных размеров определяется по Гриффитсу соотношением

$$Э \geq 2\gamma; \textit{или}\ \sigma^2 \geq \frac{2\gamma E}{c}, \tag{1}$$

где $\sigma$ - критические значения напряжений; $E$ - модуль упругости; $\gamma$ - поверхностная активная энергия; $Э$ - энергия воздействия.

Импульсное воздействие в течение времени изменяется и его энергетическое представление в общем виде описывается интегралом

$$\int_0^{\zeta} \sigma^2(t)dt \geq \frac{\pi \cdot \gamma \cdot E}{a}, \tag{2}$$

где $\sigma(t)$ – напряжение импульса;$\xi$ - его продолжительность; $a$ - скорость продольной волны звука.

Арпоксимируя функцию импульса прямоугольником и обобщая соотношения (1) и (2), получим основную характеристику разрушения - критическую продолжительность импульса в виде:

$$\xi = \frac{\pi\ c}{2a}\ . \tag{3}$$

Из этого уравнения следует, что критическая длина волны *($\xi^* \cdot a$)* должна быть пропорциональна длине трещины, что подтверждает описанные выше процессы.

Известно, что скорость распространения продольной волны имеет вид:

$$a = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}} \ , \tag{4}$$

где $\rho$ - плотность материала; $\nu$ - коэффициент Пуассона.

Подставляя (4) в выражение в (1), получим представление критической длительности импульса через плотность материала $\rho$, длину взаимодействующей трещины, плоскость которой перпендикулярна импульсу, модуль упругости $E$ и коэффициент Пуассона $\nu$.

Окончательно для критической величины длительности импульса, взаимодействующего с дефектами различной длины, получим выражение:

$$\xi = \pi^2 c \sqrt{\frac{\rho(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{E(1-\nu)}} \ . \tag{5}$$

Так как разрушаемые породы, как правило, обладают неупругими свойствами, проявляющимися в релаксационных процессах, то для учета реологических свойств материала воспользуемся основными положениями механики упругопластических сред, в частности принципом Больцмана - Вольтерра. В соответствии с этим заменим в выражении (5) модуль упругости $E$ интегральным временным оператором:

$$E = E_0\,[1 - \chi\, Э^*_\alpha(-\beta)], \tag{6}$$

где $E_0$ – мгновенный модуль упругости; $Э^*_\alpha(-\beta) \cdot f(t)$ – интегральный оператор-функция.

Реологические параметры $\tau$ и $\beta$ вычисляются по формулам

$$\beta = \frac{1}{\tau^{1-\alpha}} \ ; \ \ \chi = \lambda \cdot \beta \ \ ; \ \ \lambda = \frac{E_0 - E_\infty}{E_0}, \tag{7}$$

где $E_\infty$ - длительный модуль упругости.

Подставляя выражение для $E$ в уравнение (5), получим:

$$\xi = \frac{\pi^2 c}{2} \sqrt{\frac{\rho(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{(1-\upsilon)E_0\left[1-\chi Э_\alpha(-\beta)\right]}} \ . \tag{8}$$

С учетом реологических параметров $\chi$ и $\beta$ длительность импульса будет иметь следующее выражение:

$$\xi = \frac{\pi^2 c}{2}\sqrt{\frac{\rho(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{(1-\upsilon)E_0}}\sqrt{\frac{\beta}{\beta-\chi}}\left[1-\frac{1}{2\Gamma(\alpha)t^{1-\alpha}(\beta-\chi)}\right].$$

Полученное выражение можно представить в виде функции от $t$ (времени, отсчитываемого от момента нагружения) и $\tau$ (времени релаксации для материала), воспользовавшись зависимостями (8):

$$\xi = \frac{\pi^2 c}{2}\sqrt{\frac{\rho(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{(1-\upsilon)E_0}}\left[\sqrt{\frac{1}{1-\lambda}}+\frac{\tau^{\alpha-1}}{2\Gamma(\alpha)t^{1-\alpha}(1-\lambda)^{3/2}}\right],$$

где $\lambda = \dfrac{E_0 - E_\infty}{E_0}$.

Выражение представляет зависимость длительности импульса от упругих и реологических свойств материала, на который он воздействует.

Полученные закономерности позволяют для конкретных условий с известными свойствами среды получить количественную оценку рационального параметра воздействия – длительности взрывного импульса, который может изменяться и регулироваться как подбором типа взрывчатого вещества, так и условиями взрывания его в скважинах и шпурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорин А.Н. Управление динамическими проявлениями горного давления. - М.: Недра, 1978. - 173 с.

2. B. Steverding, S.H. Lehnigk. The fracture penetration depth of stress pulses. Int. J. Rick Mech. Min. Set & Geamech. Abst. Vnt. 13, pp. 75-80. Pergamon Press. 1976.

3. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. -2-е изд. - М.: Наука, 1988. - 712 с.