Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIX, вып. 1, 1964 г.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

В. А. Пабуков

Напряжения, вызываемые в горной породе волнами деформации, выражаются в пределах упругости

$$\sigma = R_1 v,$$

где R_1 — волновое сопротивление монолитной горной породы;
v — скорость смещения частиц породы.

Обычно породы разбиты трещинами, поэтому для суждения о деформациях породы при ударе или взрыве необходимо уметь определять волновое сопротивление трещиноватых пород.

В первом приближении примем, что параллельные трещины в породе объединены в системы, в каждой из которых раскрытость трещин d и расстояние между ними a постоянны. Допустим, что горная порода пронизана тремя взаимноперпендикулярными системами трещин и что трещины заполнены веществом с волновым сопротивлением $R_2 < R_1$. Обозначим отношение раскрытости трещин в каждой системе ($i = 1, 2, 3$) через e_i, т. е. $\frac{d_i}{a_i} = e_i$. Тогда волновое сопротивление трещиноватой горной породы можно представить в виде ряда Тэйлора [1]

$$R(e_1, e_2, e_3) = R(0, 0, 0) + e_1 \frac{\partial R(0, 0, 0)}{\partial e_1} + e_2 \frac{\partial R(0, 0, 0)}{\partial e_2} + e_3 \frac{\partial R(0, 0, 0)}{\partial e_3}, \quad (1)$$

где $R(0, 0, 0)$ — волновое сопротивление нетрещиноватой горной породы; $e_1 \frac{\partial R(0, 0, 0)}{\partial e_1}$ и остальные члены учитывают наличие только одной системы трещин.

Определим второй член правой части уравнения (1). Введем систему координат X_1, Y_1, Z_1, расположив ось X_1 перпендикулярно трещинам (см. рисунок).

По аналогии с методом К. М. Шлюмберже [2], широко используемым в электроразведке,

$$R_{X_1}(a_1 + d_1) = R_1 a_1 + R_2 d_1;$$

откуда

$$R_{X_1} = \frac{R_1 + e_1 R_2}{1 + e_1}. \quad (2)$$

$$\frac{a_1 + d_1}{R_{Y_1}} = \frac{a_1}{R_1} + \frac{d_1}{R_2} = \frac{R_2 a_1 + R_1 d_1}{R_1 R_2}$$

и

$$R_{Y_1} = R_{Z_1} = \frac{R_1 R_2 (1 + e_1)}{R_2 + R_1 e_1}. \qquad (3)$$

Разложим уравнения (2) и (3) в ряд Тэйлора:

$$\left.\begin{aligned} R_{Y_1} &= R_1 - (R_1 - R_2)\, e_1; \\ R_{Y_1} = R_{Z_1} &= R_1 - \frac{(R_1 - R_2)\, R_1 e_1}{R_2}. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

В тензорной форме уравнения (4)

$$R = R_1 \varkappa + \Delta R_1;$$

$$\varkappa = \begin{pmatrix} 1, & 0, & 0 \\ 0, & 1, & 0 \\ 0, & 0, & 1 \end{pmatrix}; \quad \Delta R_1 = -\begin{pmatrix} 1, & 0, & 0 \\ 0, & R_1, & R_2^{-1}, \; 0 \\ 0, & 0, & R_1 R_2^{-1} \end{pmatrix} (R_1 - R_2)\, e_1 \Bigg\}. \qquad (5)$$

Аналогично определив ΔR_2, ΔR_3, получим волновое сопротивление горной породы, разбитой тремя одинаковыми системами трещин,

$$R = R_1 - (R_1 - R_2)\, e - 2\,\frac{(R_1 - R_2)\, R_1 e}{R_2}. \qquad (6)$$

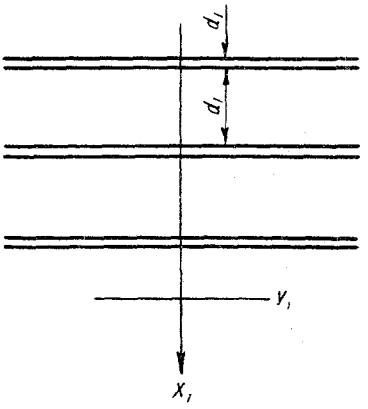


Схема трещиноватости горной породы.

Этот способ оценки трещиноватости горных пород проверен в лабораторных условиях. С помощью сейсмоскопа СИО-3 определены скорости продольных волн в стержнях из кварцевой породы и мрамора, а также в мраморной пластинке, имитировавшей вещество, заполняющее трещины. Затем взвешиванием найдены значения плотности образцов. Умножением этих значений на скорость звука определены волновые сопротивления кварцевой породы и мрамора. При $a = 11{,}36$ *см*, $d = 0{,}14$ *см*, $R_1 = 1785$ *г·сек/см*^{3} и $R_2 = 1360$ *г·сек/см*^{3} получены: теоретическое $R_X = 1740$ *г·сек/см*^{3}; экспериментальное $R_X = 1760$ *г·сек/см*^{3}.

Этим методом можно определить волновое сопротивление не только трещиноватых, но и разнослоистых пород. Так, при $a = 11{,}36$ *см*, $d = 9{,}48$ *см*, $R_1 = 1785$ *г·сек/см*^{3} и $R_2 = 1360$ *г·сек/см*^{3} найдены: теоретическое $R_X = 1580$ *г·сек/см*^{3}; экспериментальное $R_X = 1575$ *г·сек/см*^{3}.

Таким образом, оценка трещиноватости и анизотропности горных пород через меру инерции среды — волновое сопротивление — вполне возможна и может быть использована для практических целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горюнов И. И., Молотков Л. А. Электрическое сопротивление трещиноватой породы и ее зависимость от коллекторских свойств. Тр. ВНИГРИ, вып. 165, 1961.

2. Шлюмберже К. М., Леонардон И. Е. К вопросу об электрических замерах в анизотропной среде и их интерпретация. Тр. НГРИ, вып. 4, 1934.