

Лабораторна робота № 4

Визначення акустичних і пружних параметрів гірських порід за допомогою ультразвуку

1. Мета роботи

Ознайомитися з одним з напрямів використання ультразвуку в гірництві. У гірничому виробництві ультразвук знаходить широке застосування як засіб для вивчення фізико-хімічних властивостей гірських порід і масивів, контролює й інтенсифікує деякі технологічні процеси. У даній роботі ультразвуковий метод (метод прозвучування) застосовується для визначення акустичних і пружних параметрів гірських порід за допомогою приладу УКБ-1.

Сутність методу полягає у вимірі часу поширення пружних коливань у зразку гірської породи, обчисленні їх швидкості і за відомими з теорії пружності залежностями, визначенні модуля Юнга, модуля зрушення і питомого хвильового опору.

Акустичні і пружні параметри гірських порід характеризують стан масиву в при вибійному просторі гірничих виробок, по їхній зміні прогнозують можливість раптового викиду порід і вугілля, вони входять у розрахункові формули гірського тиску під час вибору кріплення, за ними оцінюють зольність вугілля і т.д.

2. Загальні відомості

Пружні властивості порід оцінюються *модулем Юнга, модулем зсуву, коефіцієнтом Пуассона, модулем всебічного стиску, межею пружності* тощо.

Кожному виду прикладених напружень (стиску, розтягненню, зсуву) і викликаним ними деформаціями відповідає свій коефіцієнт пропорційності, що є пружним параметром породи. Так, коефіцієнт пропорційності між нормальним напруженням (стискаючим чи розтягуючим) σ і відповідною йому відносною подовжньою деформацією $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ називають *модулем пружності I роду* або *модулем Юнга*:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}. \quad (4.1)$$

Коефіцієнт пропорційності між дотичним напруженням τ і відповідною деформацією зрушення δ називають модулем зсуву G :

$$\tau = G \cdot \delta. \quad (4.2)$$

Модуль Юнга і модуль зрушення належать до основних пружних параметрів і характеризують поведінку порід у простому напруженому стані. У випадку об'ємного напруженого стану зв'язок між напруженням і відносною зміною об'єму виражається *модулем всебічного стиску K*, який можна обчислити, знаючи величини E та G :

$$K = \frac{E \cdot G}{3(G - E)}. \quad (4.3)$$

На практиці часто користуються *коефіцієнтом Пуассона - μ* , що є *коефіцієнтом пропорційності між деформаціями* – відносними подовжніми $\Delta l/l$ і відносними поперечними $\Delta d/d$:

Усі три пружні параметри пов'язані рівнянням:

$$\mu = \frac{E - 2G}{2G}. \quad (4.4)$$

Для гірських порід величина μ лежить у діапазоні 0,2 - 0,4 і є величиною безрозмірною.

До основних пружних параметрів гірських порід також належить:

- швидкість поширення хвиль;
- питомий хвильовий опір;
- коефіцієнт поглинання.

Під впливом деформацій у твердих нескінчених середовищах з'являються хвилі *подовжні, поперечні та поверхневі*.

Подовжні хвилі є наслідком розповсюдження деформацій стиску-розтягнення. Оскільки всі речовини мають пружний опір об'ємному стиску, то *подовжні хвилі розповсюджуються у різних середовищах: твердих тілах, газах, рідинах*.

Швидкість розповсюдження подовжньої пружної хвилі у необмеженому абсолютно твердому ізотропному середовищі розраховується за формулою:

$$C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1 - \mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}}, \text{ м/с}, \quad (4.5)$$

де E – модуль Юнга, Па, ρ – щільність породи, $г/см^3$; μ – коефіцієнт Пуассона.

Поперечні хвилі - наслідок розповсюдження деформацій зсуву. Оскільки в рідинах і газах опір зсуву відсутній, то *поперечні хвилі розповсюджуються тільки в твердих тілах*.

Подовжні і поперечні хвилі розповсюджуються по всьому об'єму тіла і тому називаються *об'ємними*.

Поверхневі хвилі з'являються на межі «тверде тіло – вакуум». Поверхневі хвилі розповсюджуються повільніше подовжніх і поперечних.

Питомий хвильовий опір породи визначається за формулою:

$$Z = \rho \cdot C_p. \quad (4.6)$$

Коефіцієнт поглинання завжди більше в тих породах, у яких швидкість коливань менше $1/м$.

3. Обладнання і апаратура

1. Прилад УКБ-1.
2. Технічні ваги.
3. Штангенциркуль.

4. Порядок виконання роботи

1. Одержати у викладача 2 зразки гірських порід.

2. Обчислити об'єм зразків з урахуванням їх форми, виконавши необхідні виміри з точністю до міліметра.

3. Зважити зразки на технічних вагах з точністю до грама і визначити об'ємну щільність кожного зразка:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (4.7)$$

m – маса зразка, г; V – об'єм зразка, $см^3$.

4. Увімкнути прилад УКБ1 і прогріти протягом 5-10 хвилин до появи характерного звуку.

5. Зразок породи затиснути між датчиками приладу УКБ-1 і під спостереженням викладача визначити час проходження ультразвуку (значення показань приладу будуть виражені $мкс$; $1мкс = 10^{-6} с$).

6. Обчислити швидкість поширення пружних коливань у кожному зразку:

$$C_p = l/t, м/с, \quad (4.8)$$

де l – розмір сторони зразка, уздовж якого роблять виміри; t – час поширення ультразвуку (обчислюється як середнє значення з 3-4 вимірів в одному зразку).

7. Визначити модуль Юнга за формулою (5), прийнявши $\mu = 0,25$.

8. Обчислити модуль зрушення G за формулою (4).

9. Обчислити модуль всебічного стиску K за формулою:

$$K = \frac{E \cdot G}{3(G - E)} = \frac{E}{3(1 - 2\mu)}. \quad (4.9)$$

10. Визначити питомий хвильовий опір Z за формулою (4.6).

Обчислення виконуються в зошиті, кінцеві результати заносяться в табл. 4.1

Таблица 4.1

№ зразка	Найменування породи	Розміри зразка, см	Об'єм зразка, $см^3$	Маса, г	Об'ємна щільність, $г/см^3$	Час, с	Швидкість поширення пружних коливань, $С_{пр} м/с$	Модуль Юнга, E , $кг/см^2$	Модуль зрушення, G , $г/см^2$	Модуль всебічного стиску K , $г/см^2$	Питомий хвильовий опір Z ,

Контрольні питання до лабораторної роботи № 4

1. Дайте визначення модуля пружності першого роду (модуля Юнга) і наведіть формулу для його розрахунку.

2. Дайте визначення модуля зрушення і наведіть формулу його розрахунку.

3. Дайте визначення коефіцієнту Пуассона і наведіть формула його розрахунку.

4. Чи поширюються поперечні хвилі в газах і рідинах? Чому?

5. Що характеризують акустичні і пружні параметри гірських порід?

6. Якими основними параметрами оцінюються пружні властивості гірських порід?
7. Перелічіть основні акустичні параметри гірських порід.
8. Що називається межею пружності?
10. Дайте визначення модуля пружності 2 роду.
11. Дайте визначення модуля всебічного стиску і наведіть формулу для його розрахунку.
12. Наведіть формулу обчислення швидкості поширення пружної подовжньої хвилі.
13. Що таке поверхневі хвилі? Для яких середовищ вони характерні?
14. Що являють собою пружні хвилі?

Список літератури

1. Соболев В.В., Скобенко А.В., Инванчишин С.Я. Физика горных пород. Учебное пособие для вузов. – Днепропетровск: Полиграфист, 2003. – 255 с.
2. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1978. – 286 с.