

Лабораторная работа №3

Определение акустической и упругой силы горных пород с помощью ультразвука

План:

1. Основные задачи
2. Порядок выполнения работы
3. Задания
4. Блиц тест
5. Глоссарий

Цель: Целью работы является определение модуля движения различных горных пород, скорости блуждающих волн, внутреннее препятствие волн и модуль Юнга.

Задание: Определение с помощью акустических методов в промышленном центре условия массивности горных пород.

Приборы и реактивы: Прибор ультрозвука для определения скорости упругих волн, образцы горных пород, аналитические весы.

Методическое указание

Упругие колебания – это процесс распространения в породе знакопеременных упругих деформаций ее частиц. Упругие колебания можно представить как периодическое отклонение материальной частицы или группы частиц от положения равновесия.

Число колебаний в 1 сек называется частотой и имеет размерность Гц.

Упругие волны по частоте колебаний подразделяются:

$f = \text{до } 20 \text{ Гц}$ – инфразвуковые;

$f = 20 - 20000 \text{ Гц}$ – звуковые;

$f > 20000 \text{ Гц}$ – ультразвуковые;

$f > 10^{10} \text{ Гц}$ – гиперзвуковые.

Так как упругие волны представляют собой распространение в веществе деформаций, то в зависимости от их вида выделяют волны различных типов.

Деформации попеременного объемного сжатия и растяжения, обуславливают распространение в веществе **продольных упругих колебаний**. Продольные волны распространяются в любой среде – в газах, жидкостях, твердых телах, так как все вещества обладают сопротивлением объемному сжатию. Именно продольные волны вызывают звуковые явления.

Распространение попеременных деформаций сдвига в среде вызывает **поперечные упругие колебания**. Они присущи только твердым телам, так как в жидкостях и газах сопротивление сдвигу отсутствует.

Эти два типа волн распространяются по всему объему породы и называются объемными.

Есть также плоские поверхностные волны. Они присущи только твердым телам.

Характер распространения упругих колебаний в горных породах определяется их акустическими параметрами. К ним относятся – скорость распространения упругих волн, коэффициенты поглощения и волнового сопротивления. Породы также характеризуются различными коэффициентами отражения и преломления упругих волн.

Скорость упругой волны в тонком стержне:
$$v_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}};$$

Скорость продольной волны в массиве: $v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}}$,

при $\nu=0.25$ $v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$.

Скорость поперечной волны в тонком стержне: $v_{cs} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$;

при $\nu=0.25$ $v_p = 0.63 \sqrt{\frac{E}{\rho}}$.

Скорость поверхностной волны: $v_L = \frac{0.87 + 1.12\nu}{1+\nu} \sqrt{\frac{G}{\rho}}$;

при $\nu=0.25$ $v_L = 0.92v_s = 0.58 \sqrt{\frac{E}{\rho}}$. $v_p > v_s > v_L$

Скорость распространения упругих волн в горных породах определяется их упругими свойствами и плотностью.

Распространение упругих волн в горных породах, также как и в любой среде сопровождается постепенным снижением их интенсивности по мере удаления от источника излучения по следующим причинам:

- а) частичным поглощением энергии волны породой и превращением ее в тепловую;
- б) рассеиванием акустической энергии породой на неоднородностях (порах, трещинах и т.п.).

В расчетах часто используется произведение плотности породы на скорость упругой волны в ней называемым удельным волновым сопротивлением:

$$Z = \rho v$$

Оно определяет способность горных пород отражать и преломлять упругие волны. Отражение и преломление последних происходит либо на границе между горными породами, обладающими различными акустическими свойствами, либо при переходе упругих волн из внешней среды в породу, и наоборот.

Скорость продольных волн возрастает с ростом E , ν . При изменении ν от 0.1 до 0.4 v_p изменяется на 45%. Скорость поперечных волн возрастает с ростом E , но уменьшается с ростом ν . У малопористых пород скорости максимальны.

Основная область использования акустических свойств горных пород – получение информации о состоянии и свойствах горных пород и массивов. При этом большое значение имеют законы распространения и поглощения упругих колебаний.

Коэффициент отражения – отношение энергии отраженной волны к энергии, падающей волны:

$$K_o = A_o/A_n$$

При этом углы падения δ_n и отражения δ_o звуковой волны от границы раздела равны. Чем больше разница в волновых сопротивлениях сред, тем больше энергии отражается. При переходе из среды с малым волновым сопротивлением в среду с большим волновым сопротивлением основная часть звуковой энергии отражается.

Воздух – вода – 99.8% энергии отражается.

Воздух – порода – 85% энергии волны отражается.

Отношение энергии волны прошедшей через границу двух сред к энергии падающей волны $A_{пр}/A_n$ называется коэффициентом преломления упругой волны относительно первой среды.

Порядок выполнения работы

- Все размеры образца измеряем с точностью до 1 мм и рассчитываем его объем по следующей формуле:

$$V = a \cdot b \cdot c \quad (1)$$

- Взвешивая массу образца горных пород с точностью до 1 г на аналитических весах, объемную массу определяем по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{P}{V}, \text{ кг/м}^3. \quad (2)$$

- Определяется плотность горных пород:

$$\rho = \frac{\gamma}{g}, \text{ кг/м}^3. \quad (3)$$

где g – ускорение силы тяжести (м/с^2).

- Скорость блуждающих волн определяем следующей формулой:

$$C_p = \frac{d}{t}, \text{ м/с}. \quad (4)$$

где d – длина образца (м); t – время распространения ультразвуков в образце (сек).

- По следующей формуле определяется модуль Юнга:

$$C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1 - \mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}}, \text{ м/с}. \quad (5)$$

где E – Юнг модулі (Н/м^2); (ρ - плотность горных пород (кг/м^3); μ - коэффициент Пуассона. коэффициент Пуассона ($\mu = 0,25$).

- Движение модуля определяем следующей формулой:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \text{ Н/м}^2. \quad (6)$$

- В следующей очереди определяется внутреннее препятствие волн.
- Результаты расчеты заносятся в таблицу.

Акустические и упругие силы горных пород

Таблица 1

Наименование горной породы	Размеры образца, м			Объем, $V, \text{ м}^3$	Масса, $P, \text{ Н}$	Плотность, кг/м^3	Время, $t, \text{ сек}$	Коэффициент Пуассона	$C_p, \text{ м/с}$	$E, \text{ Н/м}^2$	$G, \text{ Н/м}^2$	$z, \text{ Н/м}^2\cdot\text{с}$

Контрольные вопросы.

1. Именно какие волны вызывают звуковые явления?
2. Дайте определение модуля Юнга.
3. Дайте определение коэффициента Пуассона.
4. Продольные и поперечные волны распространяются по всему объему породы и поэтому их называют?
5. Какие волны распространяются в любой среде – в газах, жидкостях, твердых телах, так как все вещества обладают сопротивлением объемному сжатию?

Блиц-тест.

1. В какой среде наибольшая скорость блуждающих волн:
 - a. в воде
 - b. в ртути
 - c. в воздухе
 - d. в газе
 - e. в пространстве
2. Единица измерения движения модули в международной СИ:
 - a. кг/м^2
 - b. кг/м
 - c. Н/м^2
 - d. м
 - e. кг
3. Какие волны на ровной поверхности земли вызывают звуковые волны:
 - a. блуждающие
 - b. горизонтальные
 - c. движущие(движения)
 - d. вертикальные
 - e. без изменение
4. Упругие волны по частоте колебаний подразделяются:
 - a. 5

- b. 4
 - c. 2
 - d. 3
 - e. 1
5. Как изменяется скорость распространения упругости волн в зависимости от усложнения коэффициента Пуассона:
- a. увеличивается
 - b. уменьшается
 - c. не меняется
 - d. остается
 - e. нет ответа
6. Назовите диапазон гиперзвуков волн (Гц):
- a. 10^8
 - b. 10^9
 - c. 10^7
 - d. 10^6
 - e. 10^5

Глоссарий:

Деформация – изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением относительно друг друга.

Модуль Юнга (модуль продольной упругости) – физическая величина, характеризующая свойства материала сопротивляться растяжению /сжатию при упругой деформации.

Коэффициент Пуассона – величина отношения относительно поперечного сжатия к относительному продольному растяжению.

Вывод

После выполнения работы необходимо вывести выводы: какими были выводы в промышленном центре условия массивности горных пород и скорости упругих волн определенные с помощью прибора ультразвука.