МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

Отчёт о выполнении лабораторной работы number

text

Автор:
Чикин Андрей Павлович
Б05-304

Долгопрудный, 2023

Содержание

Цель работы:

1. исследовать явление акустического резонанса в тонком стержне.

2. измерить скорость распространения продольных звуковых колебаний в тонких стержнях из различных материалов и различных размеров.

3. измерить модули Юнга различных материалов.

Приборы:

1. генератор звуковых частот

2. частотомер

3. осциллограф

4. электромагнитные излучатель и приёмник колебаний

5. набор стержней из различных материалов

1 Краткая Теория.

1.1 Введение.

Закон гука:

$$\sigma = \varepsilon E \tag{1}$$

Малые деформации твердых тел вызывают волны, которые называют акустическими или звуковыми. Волны сжатия/растяжения, распространяющиеся вдоль оси, по которой происходит деформация, называются продольными.

$$u = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{2}$$

, где u - скорость распространения продольной акустической волны, ρ - плотность среды.

Характерные значения модуля Юнга металлов лежат в диапазоне $E \sim (10^{10} - 10^{12})$Па, так как при плотности $\rho \sim 10^4$кг/м^3 характерные значения скорости звука в твёрдых телах составляют $u \sim (10^3 - 10^4)$м/с.

Рассмотрим стержень постоянного круглого сечения, радиус R которого много меньше его длины L. С точки зрения распространения волн стержень можно считать тонким, если длина λ звуковых волн в нём велика по сравнению с его радиусом: $\lambda \gg R$.

1.2 Уравнение волны в тонком стержне

Пусть плоскость среды, находящаяся исходно в точке x, сместилась к моменту t на расстояние $\xi(x,t)$.

$$\varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial x} \tag{3}$$

(1) implies

$$\sigma = \varepsilon E = E\frac{\partial \xi}{\partial x} \tag{4}$$

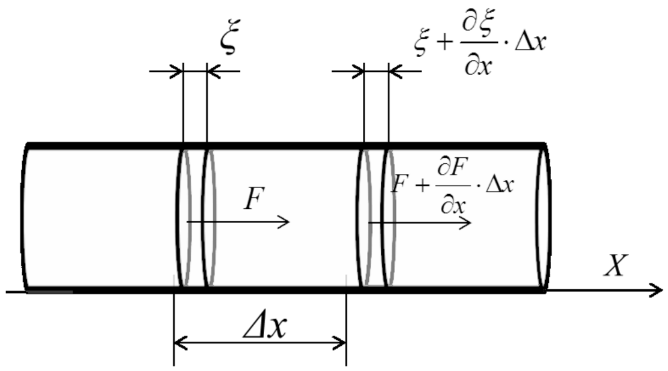

Рис. 1: Силы, действующие на элемент стержня при продольных колебаниях

$$\Delta F = S\Delta x \frac{\partial \sigma}{\partial x} = \frac{\partial^2 \xi}{\partial^2 x} ES\Delta x \tag{5}$$

Волновое уравнение:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial^2 t} = u^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial^2 x} \tag{6}$$

При $\lambda \ll R$:

$$u_i = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}}$$

1.3 Бегущие акустические волны. Скорость волны

Общее решение волнового ур-ия (6):

$$\xi(x,t) = \phi_1(x-ut) + \phi_2(x+ut) \tag{7}$$

1.4 Собственные колебания стержня. Стоячие волны

В случае гармонического возбуждения:

$$\xi(x,t) = A_1 \sin(\omega t - kx + \varphi_1) + A_2 \sin(\omega t + kx + \varphi_2) \tag{8}$$

$\omega = 2\pi f$ - циклическая частота, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число или пространственная частота волны.

Если концы не закреплены:

$$\sigma(0) = 0 \implies \frac{\partial \xi}{\partial x}(x=0) = 0,\ \sigma(L) = 0 \implies \frac{\partial \xi}{\partial x}(x=L) = 0 \tag{9}$$

(8) и (9) $\implies$

$$A_1 = A_2 \tag{10}$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 \tag{11}$$

2 Выполнение.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.

3 Вывод