

Лабораторная работа МЭА.

Механические колебания и волны в твердом теле.

Цель работы: определить скорости распространения мех-х колебаний в упругой спиртке и слабо натянутой струне по параметрам возбужденной в них стоячей волне.

Теоретическая часть.

Если в какой-либо частице сплошной упругой среды возникают мех-х деформации, то, благодаря упругим силам, изменение этой деформации может иметь колебательный характер.

Процесс распространения колебаний в среде - волна.

Волна - продольная, если смещение частиц перпендикулярно направлению.

$$\xi = \xi_{\max} \cdot \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)\right] = a \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) = a \cos(\omega t - kx)$$

где $a = \xi_{\max}$ - макс. смещение частицы от ее положения равновесия,
 x - координата точки положения частицы
 T - период колебаний, λ - длина волны, $\frac{1}{\lambda}$ - волновое число.

При наложении двух незат-х волн:

$$\xi_1 = a \cos(\omega t - kx)$$

$$\xi_2 = a \cos(\omega t - kx)$$

возникает стоячая волна, уравнение:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = 2a \cos kx \cdot \cos \omega t$$

у стоячей волны амплитуда $(2a \cos kx)$

$$kx = \lambda n \frac{x}{\lambda} = \pm n\pi \quad (n=0, 1, 2, 3, \dots)$$

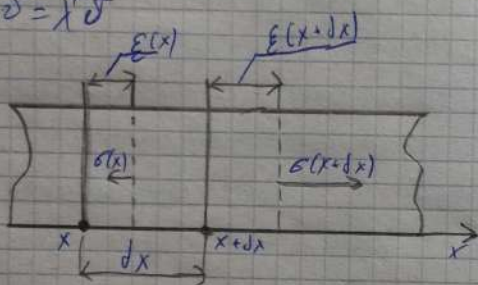
Макс. значение амплитуды - точки - пучности

стоячей волны.

Уравнение любой волны:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

$$\sigma = \lambda \sigma$$



При распр-и по ОХ в любой его поперечном сечении возникает напряжение σ , явл-я функц-й координаты x и времени t .
В некоторый момент времени напряжений на торцах расм-го элемента Δx : $\sigma(x)$ и $\sigma(x+\Delta x)$ при соответ-х смеще

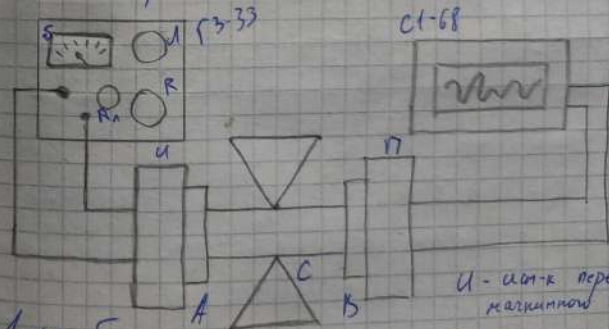
ниях из положения равновесия $\xi(x)$ и $\xi(x+\Delta x)$ кол-а точек, сдвинут. Сила в этот t :

$$F_x = S [\sigma(x+\Delta x) - \sigma(x)]$$

$$\text{или } \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma}{\partial x} \Rightarrow \sigma = E \frac{\partial \xi}{\partial x}$$

Скорость распр-я продольной волны в упругом твердом теле опре-д выражается $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

Экспериментальная часть.



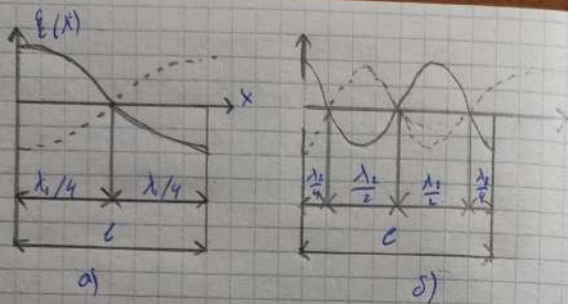
А-линей

СГ-68 - электронный осциллограф
Rn - регул-й винт

И - излуч-е электро-магнитного поля

ГЗ-33 - генер-р звуковых частот

П - приемник



N	резонансная частота	Скорость звука м/с
1	10131	6079
2	10105	6063
3	10088	6053
4	10065	6039
5	10060	6036

при $n=1$

$$C_i = 2 \cdot l \cdot \nu_i$$

$$C_1 = 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 10131 \text{ Гц} = 6079 \text{ м/с}$$

$$C_2 = 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 10105 \text{ Гц} = 6063 \text{ м/с}$$

$$C_3 = 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 10088 \text{ Гц} = 6053 \text{ м/с}$$

$$C_4 = 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 10065 \text{ Гц} = 6039 \text{ м/с}$$

- скорости звука для основного тона

$$C_s = 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 10060 \text{ Гц} = 6036 \text{ м/с}$$

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i$$

$$C = \frac{6079 + 6063 + 6053 + 6039 + 6036}{5} = 6054 \text{ м/с}$$

- среднее значение скорости звука

$$C_c = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (C_i - C)^2}$$

- среднее квадр-ое откл-ие суммарной скорости звука

$$C_c = \sqrt{\frac{1}{4} ((6054 - 6079)^2 + (6054 - 6063)^2 + (6054 - 6053)^2 + (6054 - 6039)^2 + (6054 - 6036)^2)} = 12,33 \text{ м/с}$$

$$\Delta C = t_p(N-1) C_c$$

- погрешности довер-го интервала

$$t_p(N-1) = 1,2 \cdot 4 = 4,8$$

- квантили Стьюдента

$$\Delta C = 4,8 \cdot 12,33 = 59 \text{ м/с}$$

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- скорости упругой волны в среде

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{10} \text{ Па}}{1100 \text{ кг/м}^3}} \approx 6064 \text{ м/с}$$

Результаты эксперимента и расчета, учитывая погрешности - совпадают.

Контрольные вопросы

1. Скорость распространения продольной волны зависит от коэффициента объемной упругости и удельной плотности среды.

2. У стоячей волны, в отличие от бегущей аппкмуза $|A \cos(kx)|$ есть го-из координаты x .

3. $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ $\left(\frac{E_1}{\rho_1}\right) / \left(\frac{E_2}{\rho_2}\right) = \frac{100}{81}$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{E_1 \rho_2}{\rho_1 E_2}} = \sqrt{\frac{100}{81}} = \left(\frac{10}{9}\right)$$