1.4.8

Измерение модуля Юнга методом акустического резонанса

Цель работы: исследовать явление акустического резонанса в тонком стержне,

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

измерить модули Юнга разл. материалов

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Модуль Юнга

$$\sigma = \varepsilon E$$

механич. напряжение

$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_0}$ – относит. деформация (вдоль оси)

акустические волны (расп. за счёт упругости и инерции среды)

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

скорость расп. продольной акустической волны

плотность среды

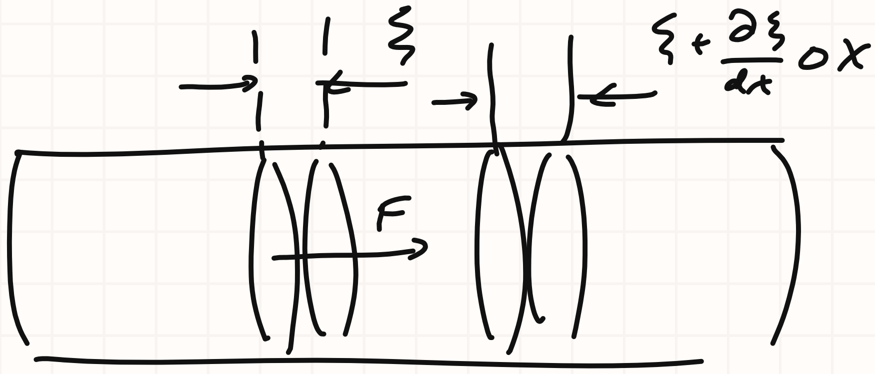
$$[E] = 1 \frac{Н}{м^2}$$

$E \sim 10^{10} \div 10^{12}$ Па (в металл.)

при $\rho \sim 10^4$ кг/м3 : $u \sim 10^3 \div 10^4$ м/с

поперечные волны

деформации сдвига



$$\Delta F = S\sigma(x+\Delta x) - S\sigma(x) = \frac{\partial \sigma}{\partial x} S\Delta x = \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} ES\Delta x$$

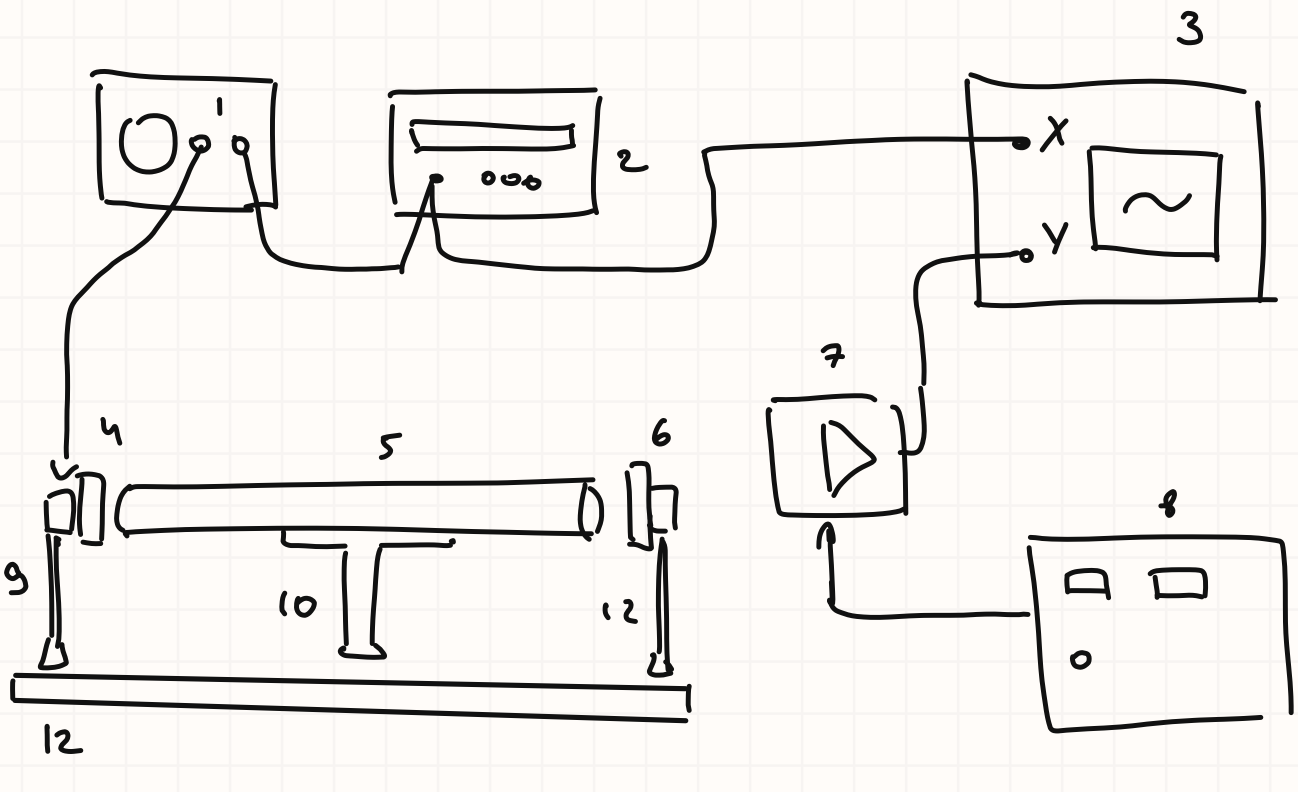
$$a = \frac{\partial^2 \xi}{dt^2}$$

$$\Delta m \cdot a = \Delta F \; ; \quad S\rho\Delta x \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = SE\Delta x \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} \qquad u = \sqrt{E/\rho}$$

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} = u^2 \frac{\partial^2 \xi}{dx}$$

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

Ход работы



1 — генератор звуковой частоты
2 — частотомер
3 — осциллограф
4 — электромагнит-возбудитель
5 — образец
6 — электромагнит-приемник
7 — усилитель звуковой частоты
8 — блок питания усилителя
9-11 — стойки крепления
12 — направляющая

1) Проведем предварительную настройку осциллографа и звукового генератора.

2) Поместим между датчиками исследуемый стержень так, чтобы торцы стержня совпали с центрами датчиков, а зазор между составлял 1-3 мм (без соприкосновения)

3) Предварительно определим диапазон частот генератора. Оценим частоту первого резонанса:

$$f_1 = \frac{u}{2L} \approx \frac{3{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 0{,}6} = 3{,}083 \text{ кГц} \approx 3 \text{ кГц}$$

4) Найдем первый резонанс (амплитуда достигает max и не меняется во времени (отсутствуют „биения"))

В режиме XY — образующий эллипс max размера.

5) Получим резонансы на частотах, соотв. кратным гармоникам ($f_n \approx n f_1$, $n \in \mathbb{N}$), для кажд. материала.
Результаты изм. представлены в таблице ниже:

n, 1	f_n, кГц (медь)	f_n, кГц (алюминий)	f_n, кГц (сталь)
1/2		2,1274	
1	3,3848	4,2536	4,13114
2	6,6269	8,52129	8,25647
3	9,7547	12,7637	12,3857
4	13,0604	17,1164	16,5121
5	16,2659	21,0847	20,6325
6	19,5141	25,3190	24,7850
7	22,744	29,5394	28,9471
8	26,008	33,4371	33,0725

6) Определим плотность мат. стержня.
Взвесим и измерим шт.циркулем и микрометром линейные размеры полного образца цилиндрической формы, изг. из исследуемого материала

материал	медь	алюминий	сталь
m, г	40,990 ± 0,003	12,482 ± 0,003	34,949 ± 0,003
l, мм	40,0 ± 0,1	41,3 ± 0,1	39,7 ± 0,1
d, мм	12,10 ± 0,01	11,77 ± 0,01	12,03 ± 0,01
V, мм³	4599,61	4493,58	4512,44
ρ, г/см³	8,9116	2,8445	7,7450

$V = \frac{1}{4}\pi d^2 l$

7) построим графики $f_n(n)$ для исслед. материала.