

Лабораторная работа 1.5

Изучение колебаний струны

Зотов Алексей 496 гр.

23 мая 2016 г.

Цель работы: изучение поперечных стоячих волн в струне: определение собственных частот колебания струны в зависимости от натяжения струны и определение скорости распространения поперечных волн в струне.

Ограниченная, закрепленная на концах струна, может совершать собственные колебания, представляющие собой стоячие волны вида:

$$y(x, t) = A \sin(2\pi ft) \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \quad (1)$$

где A — амплитуда колебаний в пучностях, f — частота, λ — длина волны, x — координата вдоль струны. В конечных точках должны располагаться узлы стоячей волны (амплитуда колебаний равна нулю), откуда следует, что на струне длиной L должно укладываться целое число полуволин:

$$L = n \frac{\lambda_n}{2}, \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (2)$$

Скорость распространения поперечных волн u зависит от силы натяжения струны F и массы струны на единицу длины ρ_l погонной плотности струны $\rho_l = \rho S$):

$$u = \sqrt{\frac{F}{\rho_l}} \quad (3)$$

Возможные частоты собственных колебаний струны (обертоны):

$$f_n = \frac{u}{\lambda_n} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho_l}} \quad (4)$$

Если частота внешней поперечной синусоидальной силы совпадает с какой либо собственной частотой колебания струны, то возникает явление резонанса и образуется синусоидальная стоячая волна.

В работе используются: звуковой генератор, двухканальный осциллограф, частотомер, набор грузов, станина, с закрепленной на ней струной ($L = 50$ cm) (Рис.1).

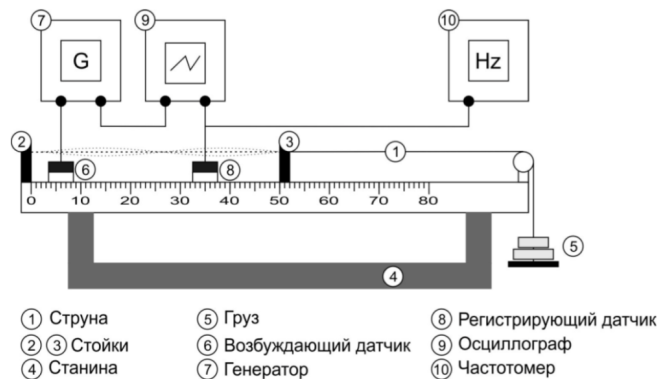


Рис. 1: Экспериментальная установка.

Ход работы:

Будем нагружать струну различными массами, и измерять частоты нескольких гармоник стоячих волн. Так как ожидаемая зависимость частоты $f(n)$ линейная, то построим аппроксимирующие по методу наименьших квадратов прямые вида $f = kn + b$ для каждой из нагрузок струны. Произведем оценку ошибки:

$$\sigma_k \approx \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2} - k^2} \quad (5)$$

$$\sigma_b = \sigma_k \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2} \quad (6)$$

- $m = 1042.3$

n	0	1	2	3	4	5	6	7
ν_n [Гц]	0	127.3	255.7	383.7	512.3	644.2	775.3	904.7

$$k \approx 129.4, b \approx -2.3, \sigma_k \approx 0.3, \sigma_b \approx 0.6$$

- $m = 548.0$

n	0	1	2	3	4	5
ν_n [Гц]	0	101.1	203.1	303.5	400.0	493.6

$$k \approx 99.0, b \approx 2.7, \sigma_k \approx 0.7, \sigma_b \approx 1.1$$

- $m = 1544.1$

n	0	1	2	3	4
ν_n [Гц]	0	166.0	331.9	498.0	668.1

$$k \approx 166.8, b \approx -0.8, \sigma_k \approx 0.4, \sigma_b \approx 0.5$$

- $m = 2009.0$

n	0	1	2	3	4
ν_n [Гц]	0	170.5	341.4	516.9	687.0

$$k \approx 172.0, b \approx -0.9, \sigma_k \approx 0.4, \sigma_b \approx 0.5$$

- $m = 2514.5$

n	0	1	2	3	4
ν_n [Гц]	0	208.7	418.3	629.0	837.1

$$k \approx 209.5, b \approx -0.3, \sigma_k \approx 0.2, \sigma_b \approx 0.2$$