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:

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

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

$$L = n\frac{\lambda_n}{2}, \quad n = 1, 2, 3\ldots \tag{2}$$

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

$$u = \sqrt{\frac{F}{\rho_l}} \tag{3}$$

Возможные частоты собственных колебаний струны (обертоны):

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

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

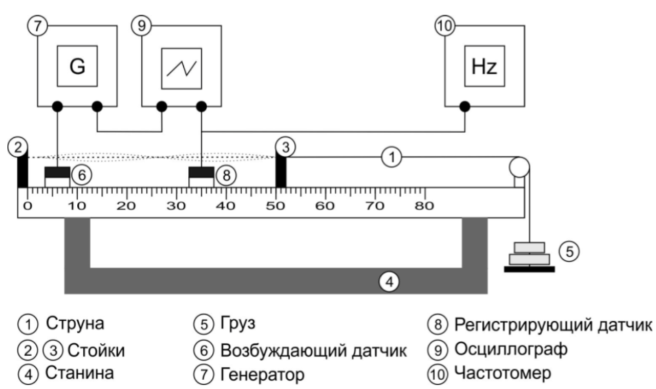


Рис. 1: Экспериментальная установка.

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:

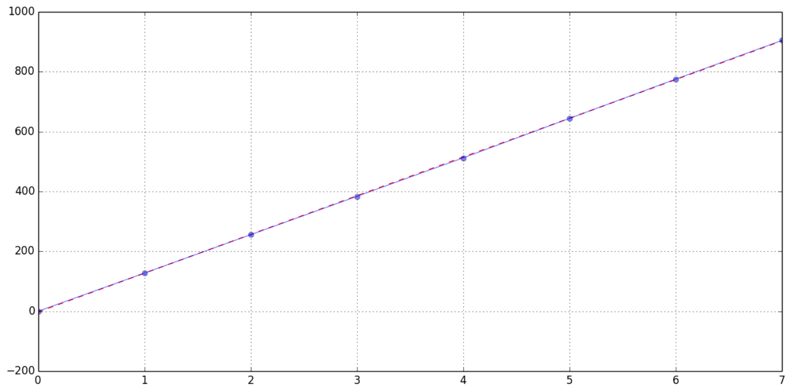
$$\sigma_k \approx \frac{1}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{\langle y^2\rangle - \langle y\rangle^2}{\langle x^2\rangle - \langle x\rangle^2} - k^2} \tag{5}$$

$$\sigma_b = \sigma_k\sqrt{\langle x^2\rangle - \langle x\rangle^2} \tag{6}$$

- 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

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

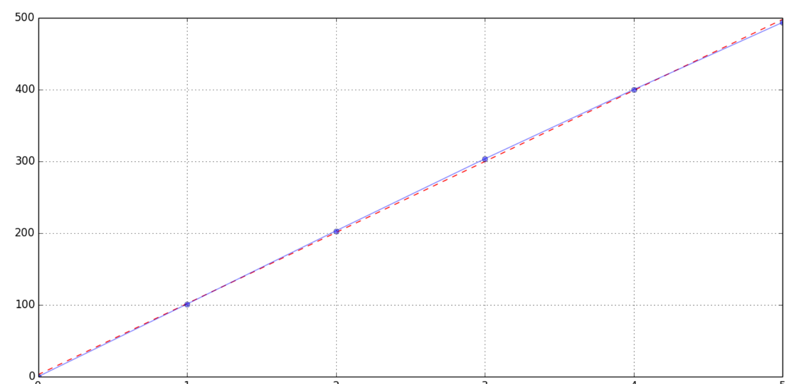


$m = 1042.3$

- m = 548.0

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

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

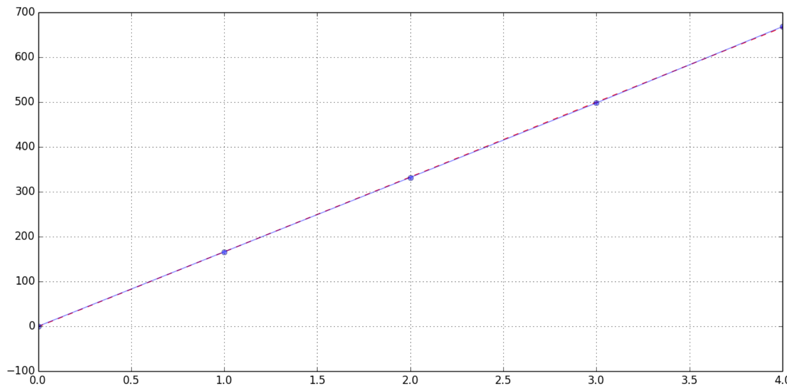


$m = 548.0$

- m = 1544.1

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

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

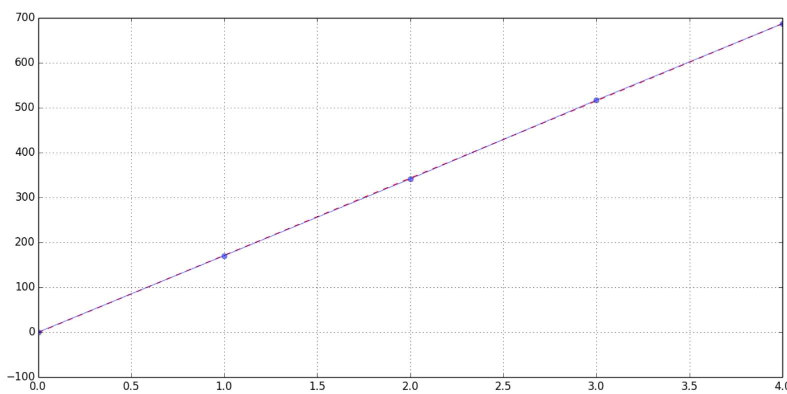


m = 1544.1

- m = 2009.0

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

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

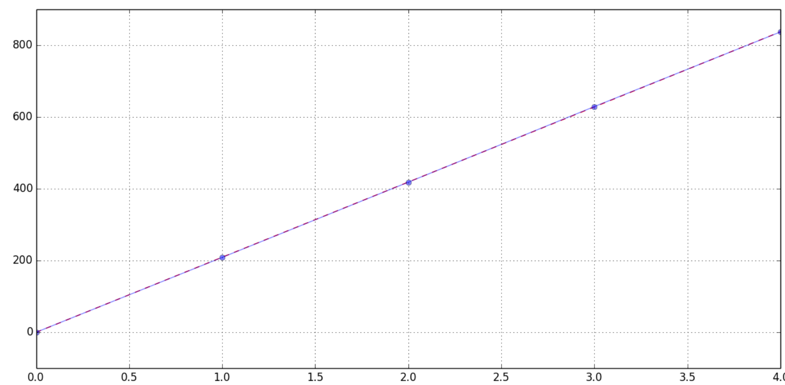


m = 2009.0

- m = 2514.5

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

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



$m = 2514.5$