

# Лабораторная работа 1.5

## Изучение колебаний струны

Жарков Андрей 496

26 сентября 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.

**В работе используются:** звуковой генератор, двухканальный осциллограф, частотомер, набор грузов, станина, с закрепленной на ней струной.

### Теоретическое введение

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

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

где  $A$  — амплитуда колебаний в пучностях,  $f$  — частота,  $\lambda$  — 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 полуволин:

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

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

$$u = \sqrt{\frac{F}{\rho_l}} \quad (1)$$

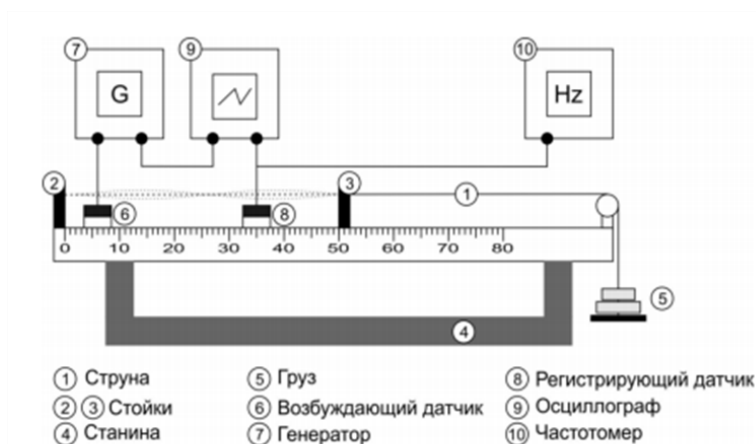
Возможные частоты собственных колебаний струны (обертоны):

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

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

## Экспериментальная установка

Схема установки показана на рисунке. Металлическая гитарная струна (1) закреплена в горизонтальном положении между двумя стойками (2) и (3), расположенными на массивной станине (4). Натяжение в струне создают грузы (5), подвешенные к концу струны, перекинутому через блок. Возбуждение и регистрация колебаний струны осуществляются с помощью электромагнитных катушек (датчиков), расположенных на станине под струной. На датчик (6), возбуждающий колебания струны в вертикальной плоскости, подаётся переменный синусоидальный сигнал от звукового генератора (7). Колеблющаяся струна возбуждает сигнал в регистрирующей катушке (8), который можно наблюдать на экране двухканального осциллографа (9). Датчики можно перемещать по станине. Разъёмы, соединяющие датчики с генератором и осциллографом, расположены на корпусе станины. Датчики следует повернуть так, чтобы магниты катушек были расположены перпендикулярно струне. Возбуждающий датчик следует расположить вблизи неподвижного конца струны, а регистрирующий — в максимуме отклонения струны от положения равновесия (пучности).



## Выполнение работы

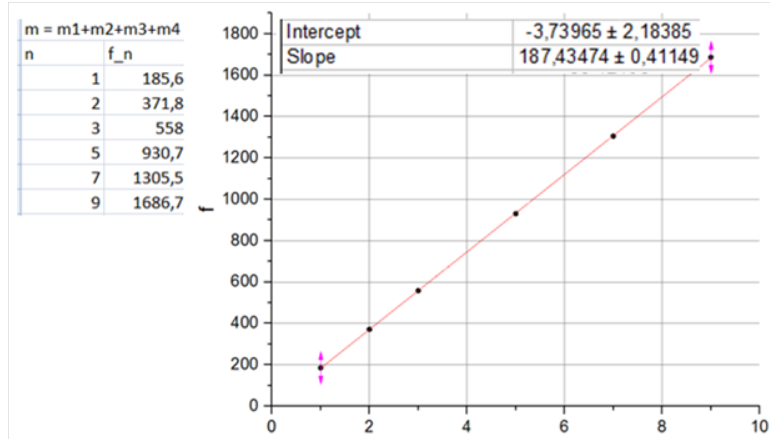
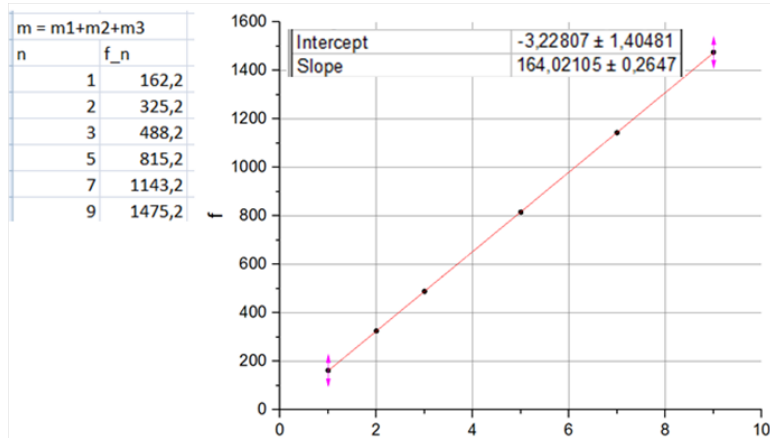
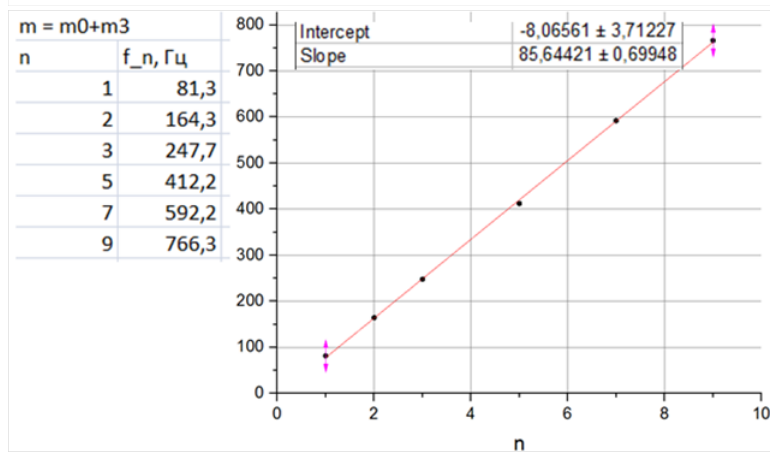
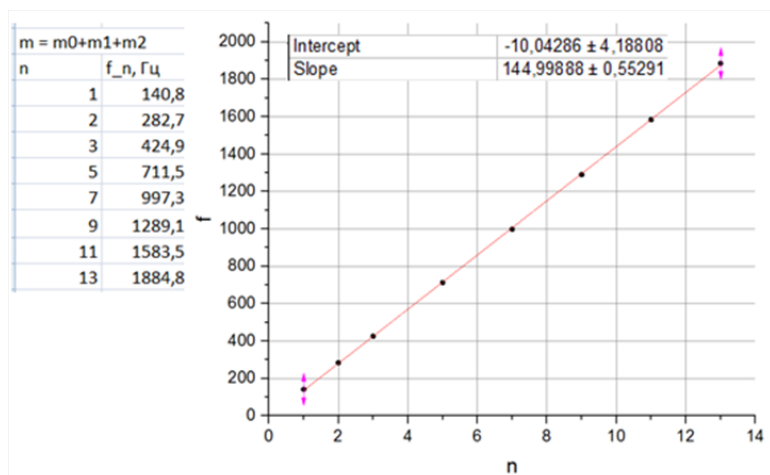
Параметры оборудования:

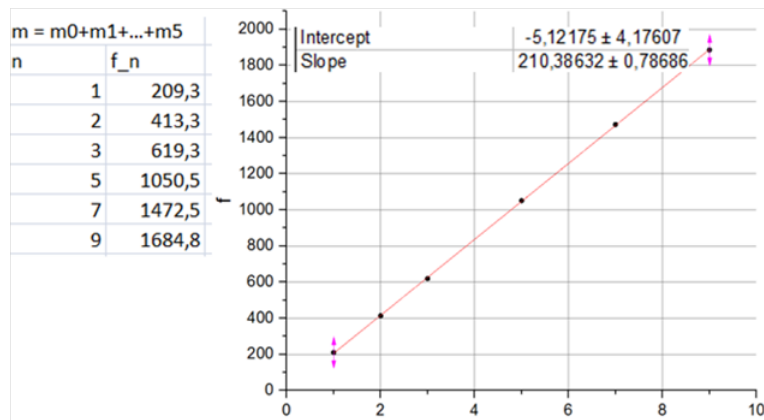
$L = 80,0$  см - длина струны

$m_0 = 58,0$  г - масса платформы, крючков и кольца

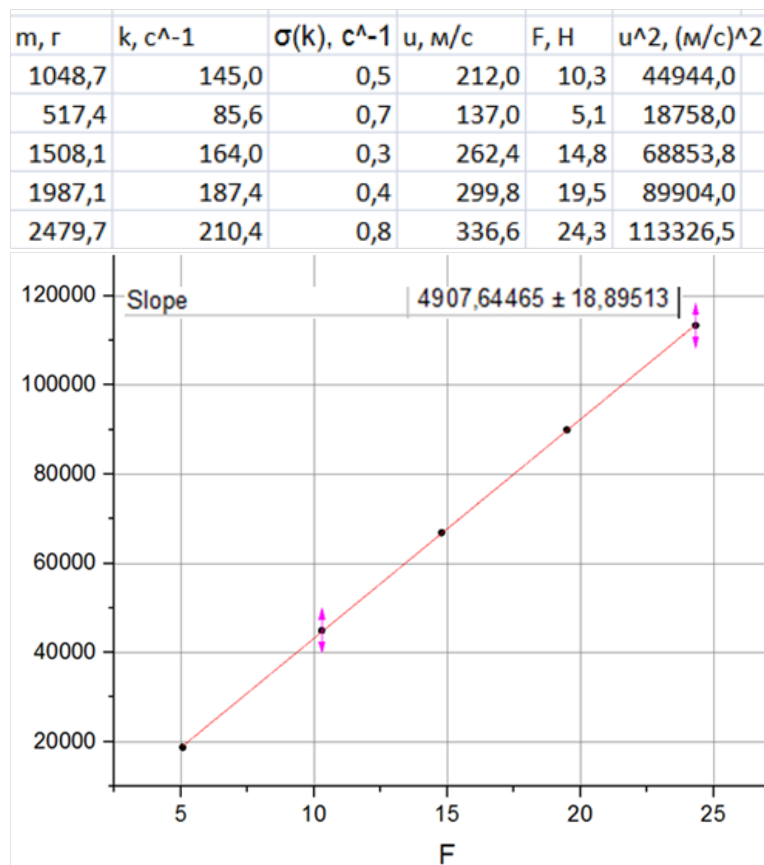
$m_1 = 491,8$  г,  $m_2 = 498,9$  г,  $m_3 = 459,4$  г,  $m_4 = 479,0$  г,  $m_5 = 492,6$  г - массы грузиков

При различной общей массе подвешенных грузиков получились следующие результаты:





Из формулы (2)  $f_n = kn$ ,  $k = \frac{u}{2L}$ , откуда  $u = 2kL$



Из формулы (1)  $u^2 = kF$ ,  $k = \frac{1}{\rho_l}$ , откуда  $\rho_l = \frac{1}{k} = (2,04 \pm 0,03) \cdot 10^{-4} \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ , что в пределах погрешности равняется истинной погонной плотности установки ( $\rho_l = 2,05 \cdot 10^{-4} \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ )