

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
“МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)”

Фихтех-школа радиотехники и компьютерных технологий

**Отчёт по лабораторной работе 1.4.5  
"Изучение колебаний струны"**

Выполнил:  
Студент гр. Б01-305  
Миннахметов Артур

Долгопрудный, 2023

# Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ход работы</b>	<b>4</b>
2.1	Измерения . . . . .	4
2.2	Обработка данных . . . . .	6
2.3	АЧХ . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Выводы</b>	<b>10</b>

# 1 Введение

**Цель работы:** изучить поперечные стоячие волн на тонкой натянутой струне; измерить собственные частоты колебаний струны и проверить условие образования стоячих волн; измерить скорость распространения поперечных волн на струне и исследовать её зависимость от натяжения струны.

**В работе используются:** закрепленная на станине стальная струна, набор грузов, электромагнитные датчики, звуковой генератор, двухканальный осциллограф, частотомер.

Струной в акустике называют однородную тонкую гибкую упругую нить. Примерами могут служить сильно натянутый шнур или трос, струны гитары, скрипки и других музыкальных инструментов. В данной работе изучаются поперечные колебания стальной гитарной струны, натянутой горизонтально и закрепленной между двумя неподвижными зажимами.

Основное свойство струны — гибкость — обусловлено тем, что её поперечные размеры малы по сравнению с длиной. Это означает, что напряжение в струне может быть направлено только вдоль неё, и позволяет не учитывать изгибные напряжения, которые могли бы возникать при поперечных деформациях (то есть при изгибе струны).

В натянутой струне возникает поперечная упругость, т.е. способность сопротивляться всякому изменению формы, происходящему без изменения объема. При вертикальном смещении произвольного элемента струны, возникают силы, действующие на соседние элементы, и в результате вся струна приходит в движение в вертикальной плоскости, т.е. возбуждение «бежит» по струне. Передача возбуждения представляет собой поперечные бегущие волны, распространяющиеся с некоторой скоростью в обе стороны от места возбуждения. В ненапрянутом состоянии струна не обладает свойством поперечной упругости, и поперечные волны на ней невозможны.

## 2 Ход работы

### 2.1 Измерения

1. Проверена целостность установки на рисунке 1.

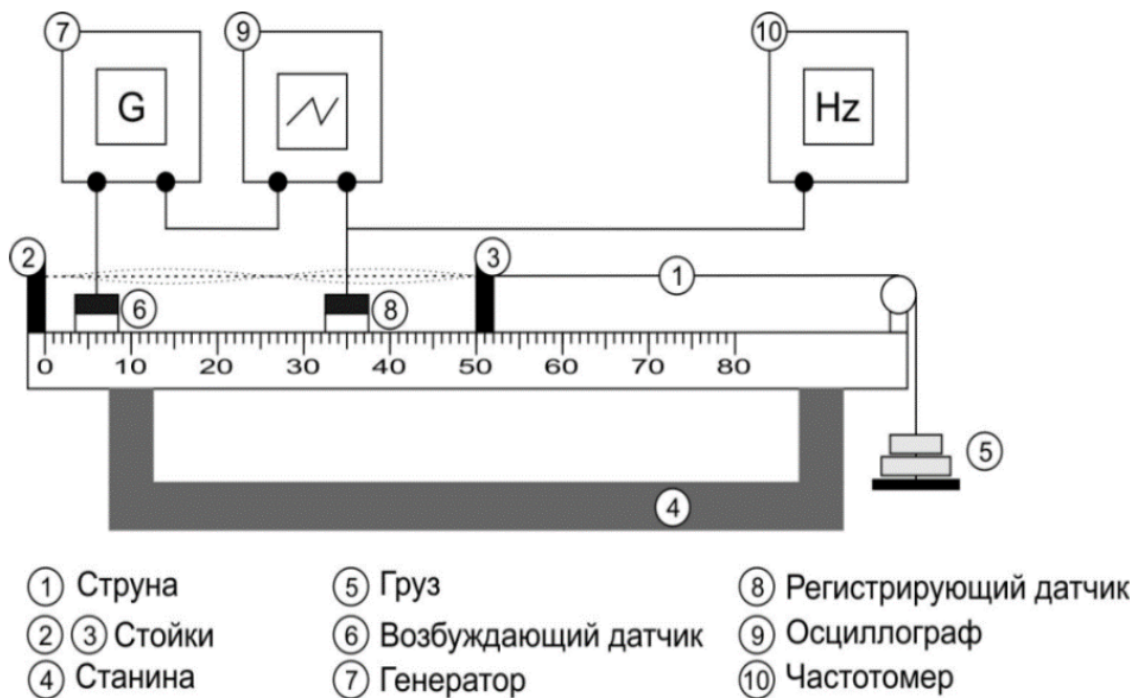


Рис. 1: Установка

2. Установлено начальное значение длины струны  $L = 50$  см. Погонная плотность струны  $\rho_l = 568,4$  мг/м.

3. На платформу поставлены грузы общей массой  $m_1 = 1020,4$  г.

4. Оценены скорость распространения ( в м/с ) и частота основной гармоник ( в Гц ).

$$u_1 = \sqrt{\frac{mg}{l}} = 132,7$$

$$\nu_1 = \frac{1}{2L}u = 132,7$$

5. Экспериментальным путём в ходе измерений на осциллографе получены значения для 7 гармоник:

$$\nu_{11} = 132,5$$

$$\nu_{12} = 267$$

$$\nu_{13} = 398$$

$$\nu_{14} = 537$$

$$\nu_{15} = 670$$

$$\nu_{16} = 808$$

$$\nu_{17} = 944$$

Аналогичные эксперименты и расчеты проведены еще для 3 наборов.

6. 2 набор (  $m_2 = 569,5$  г,  $u_2 = 95,1$  м/с,  $\nu_2 = 95,1$  Гц ):

$$\nu_{21} = 101,6$$

$$\nu_{22} = 204$$

$$\nu_{23} = 209$$

$$\nu_{24} = 411$$

$$\nu_{25} = 517$$

$$\nu_{26} = 630$$

$$\nu_{27} = 729$$

7. 3 набор (  $m_3 = 1483,4$  г,  $u_2 = 160,0$  м/с,  $\nu_2 = 160,0$  Гц ):

$$\nu_{31} = 158,7$$

$$\nu_{32} = 326$$

$$\nu_{33} = 486$$

$$\nu_{34} = 648$$

$$\nu_{35} = 754$$

$$\nu_{36} = 986$$

$$\nu_{37} = 1210$$

8. 4 набор (  $m_4 = 1994,3$  г,  $u_2 = 185,5$  м/с,  $\nu_2 = 185,5$  Гц ):

$$\nu_{41} = 177,9$$

$$\nu_{42} = 361$$

$$\nu_{43} = 542$$

$$\nu_{44} = 723$$

$$\nu_{45} = 906$$

$$\nu_{46} = 1087$$

$$\nu_{47} = 1270$$

## 2.2 Обработка данных

9. Построены графики зависимостей частоты  $\nu_n$  от номера  $n$  гармоники для различных натяжений  $T$ .

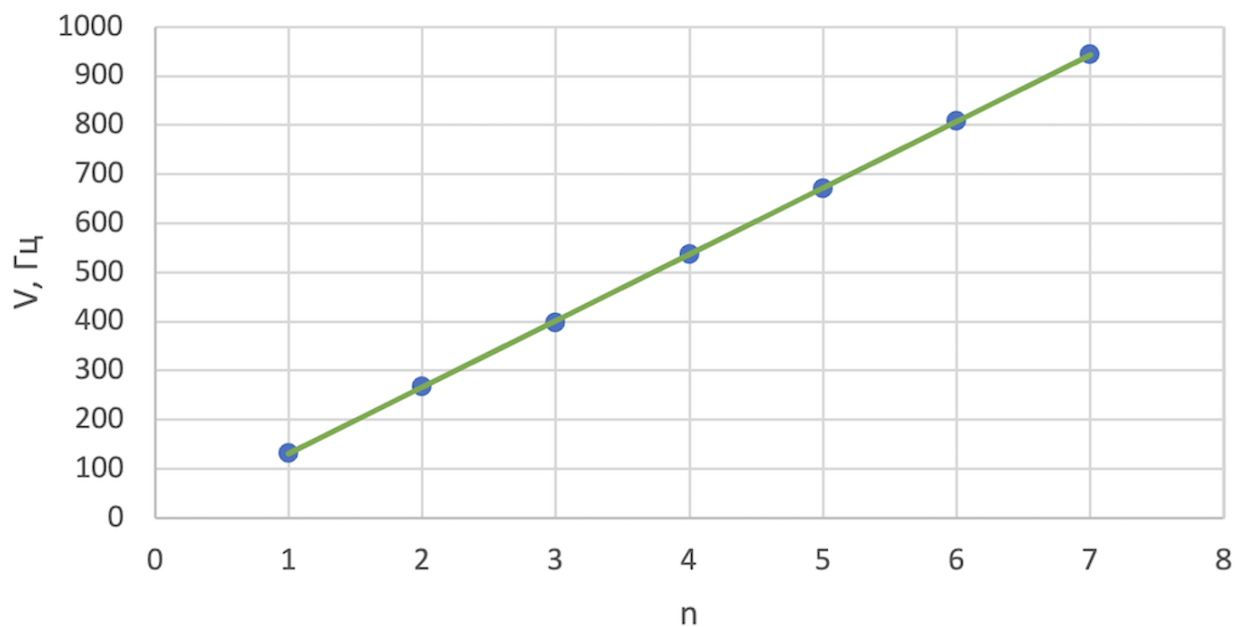


Рис. 2: 1 набор

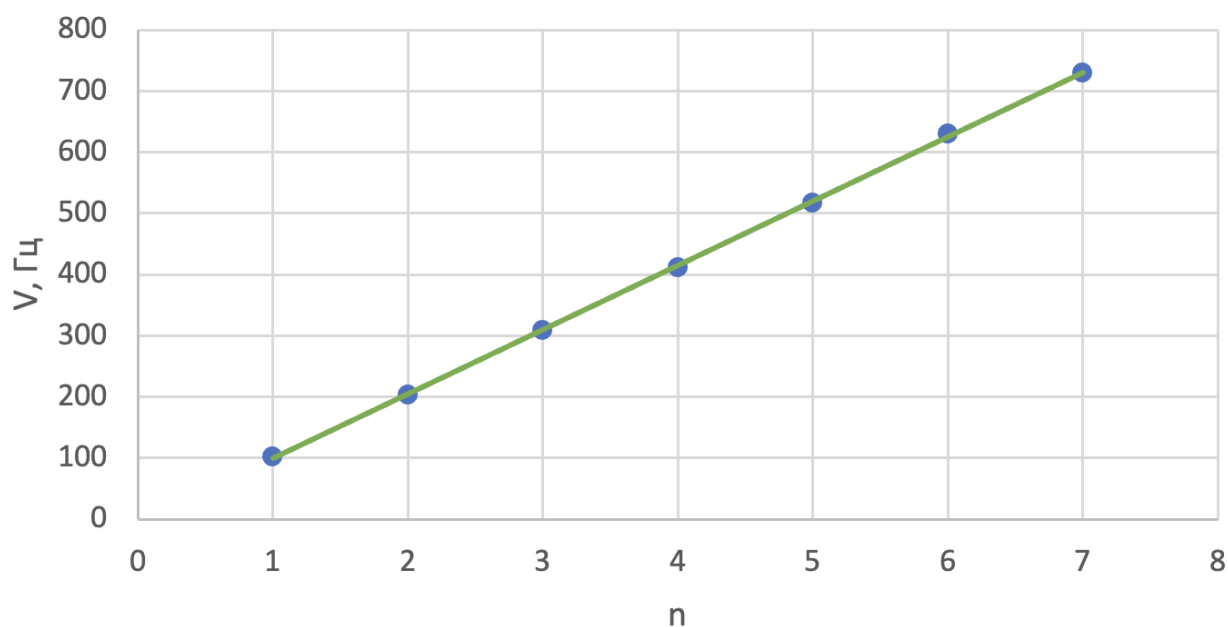


Рис. 3: 2 набор

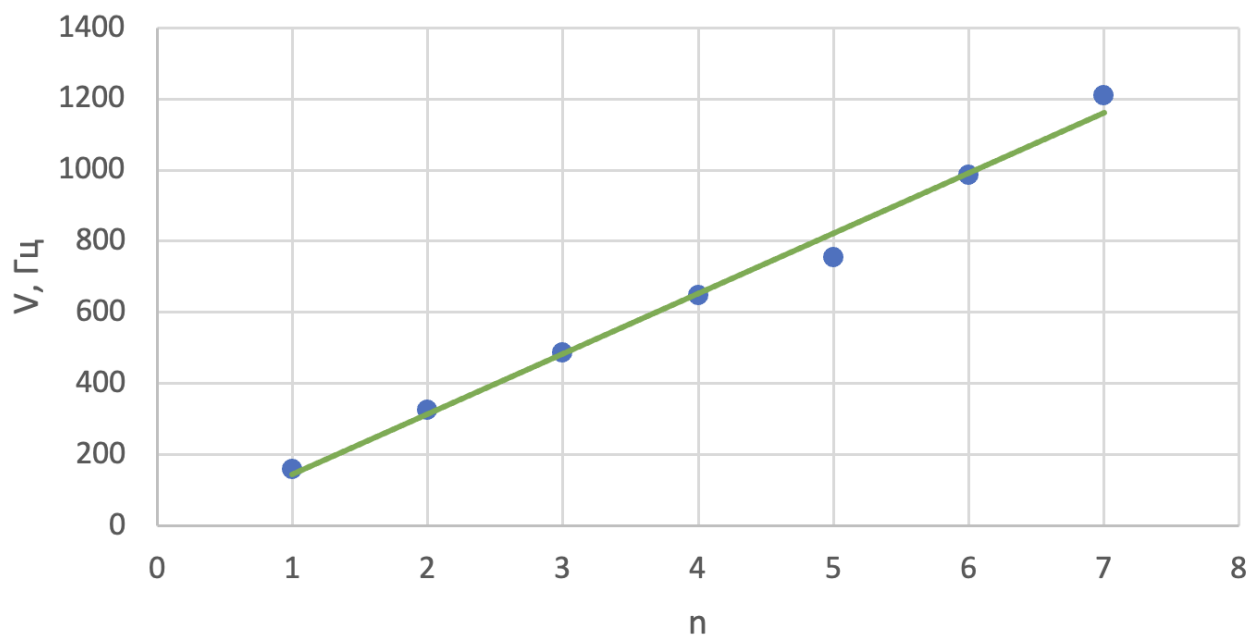


Рис. 4: 3 набор

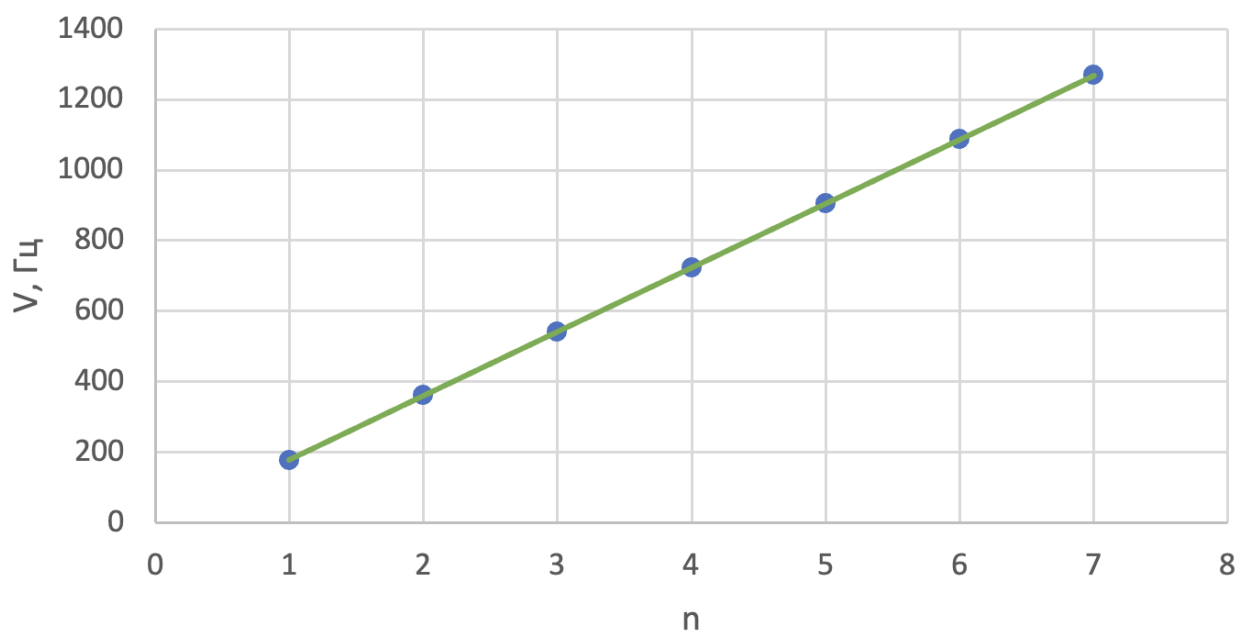


Рис. 5: 4 набор

10. Посчитаем скорости, получившиеся экспериментально по наклону:

$$u = 2L \frac{\nu}{n}$$

$$u_1 = 135,3$$

$$u_2 = 105,1$$

$$u_3 = 169,3$$

$$u_4 = 181,8$$

11. Построим график зависимости  $u^2(T)$ :

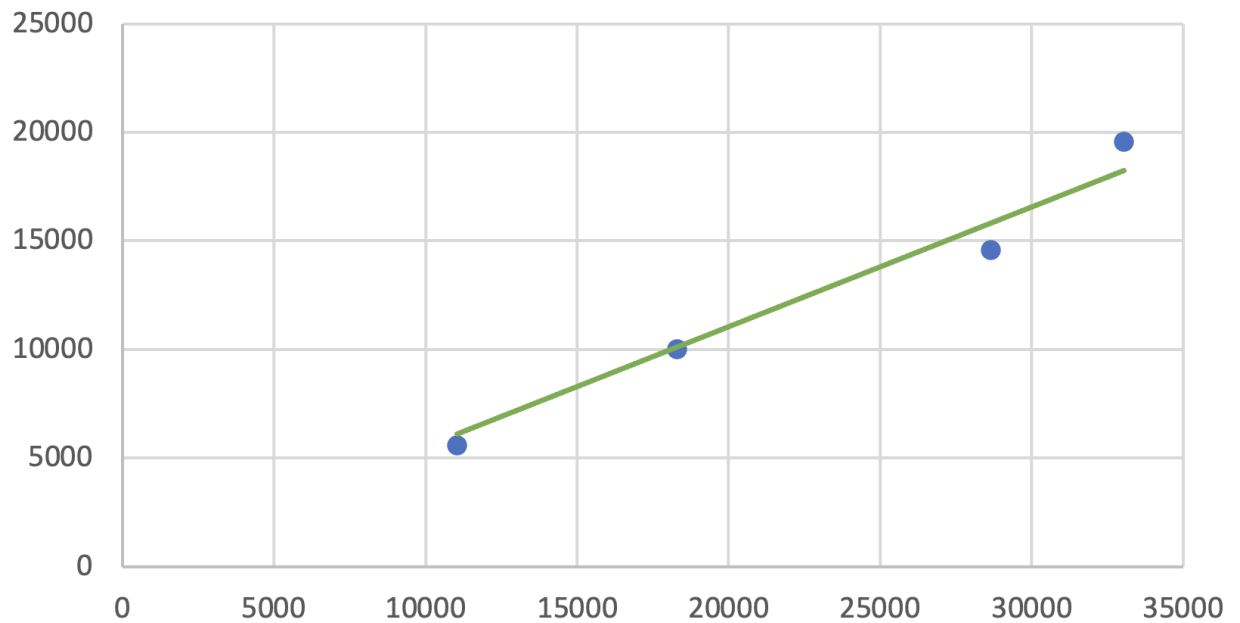


Рис. 6

13. Посчитаем по углу наклона  $\rho_l$ :

$$\rho_l = 593,9 \frac{mg}{m}.$$

14. По методу наименьших квадратов посчитаем погрешность:

$$\Delta\rho_l = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot 4} \left( (\rho_1 - \rho_l)^2 + \dots \right)} = 38$$

15. Итоговый результат для  $\rho_l$ :

$$\rho_l = (594 \pm 38) \frac{mg}{m}$$

## 2.3 АЧХ

16. Построим график ( рисунок 7 ). Посчитаем добротность струны по формуле:

$$Q = \frac{\nu}{\Delta\nu} = 1807$$



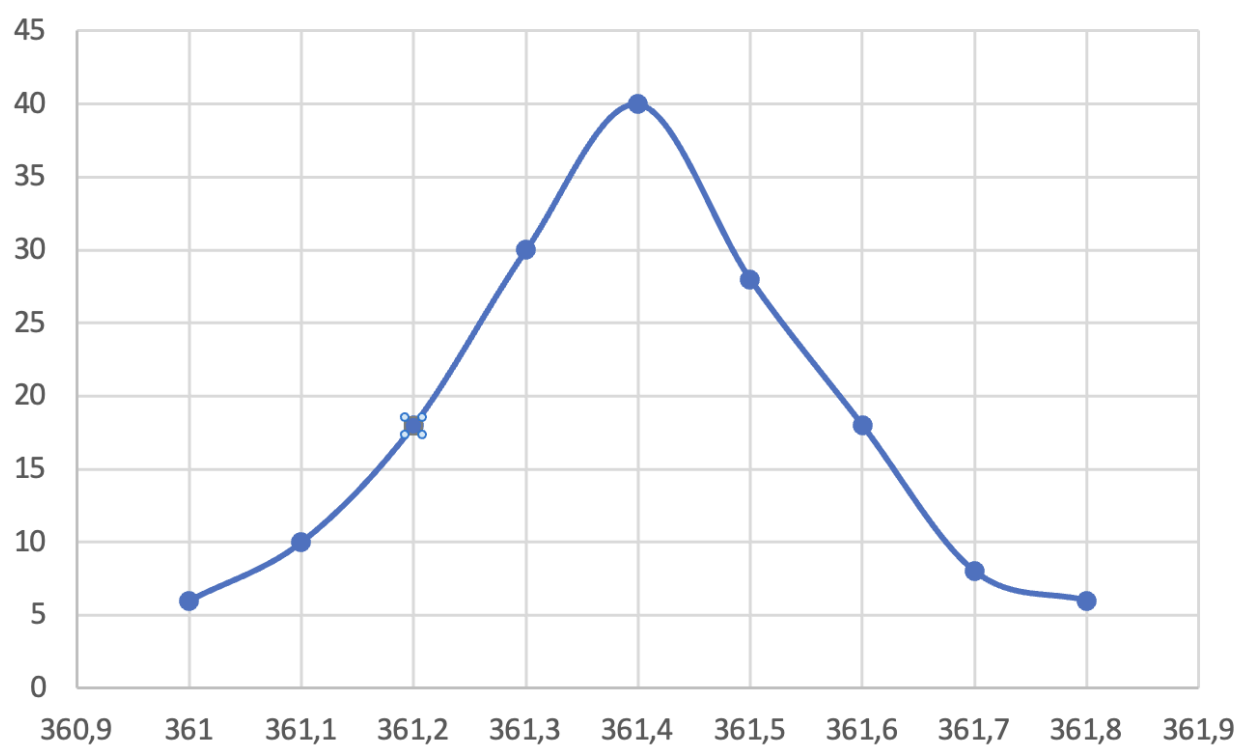


Рис. 7

### 3 Выводы

Посчитана погонная плотность струны, используя лишь ее колебания. Эталонная плотность попала в погрешность, следовательно, ошибки не привели к потере правильности ответа. Так как на этапе измерения осциллографом частоты, погрешностью пренебрегли, то невозможно сказать, что внесло самую большую погрешность.