

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

1	Введение	3
2	Ход работы	4
2.1	Измерения	4
2.2	Обработка данных	6
2.3	АЧХ	8
3	Выводы	10

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.

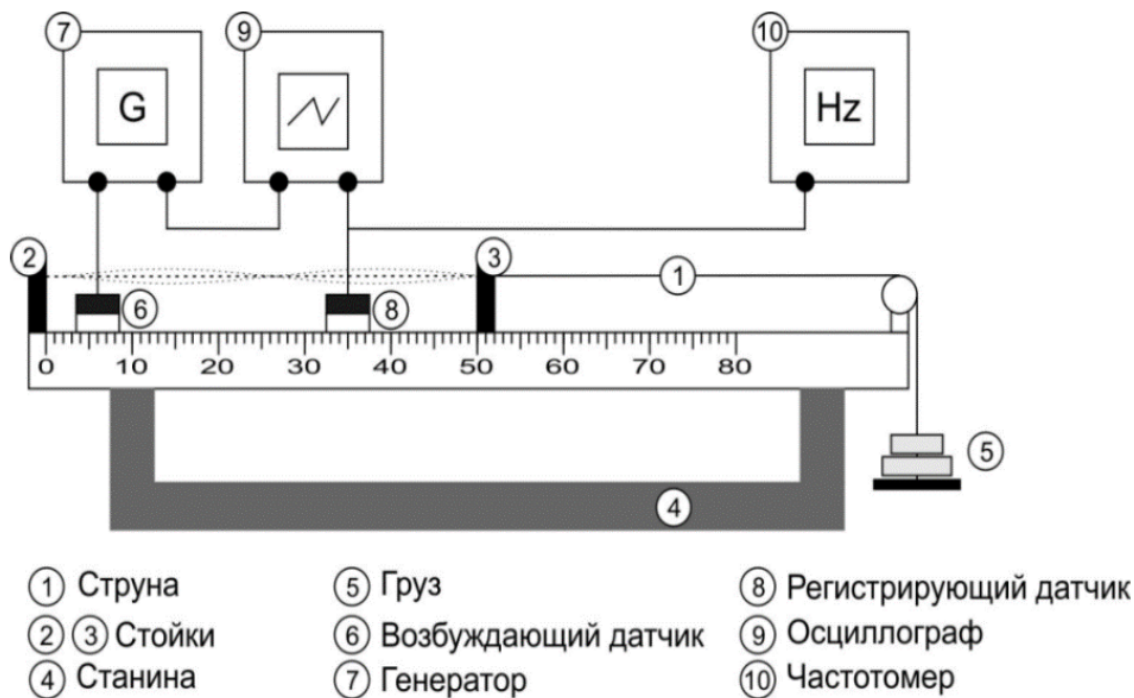


Рис. 1: Установка

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 ν_n от номера n гармоники для различных натяжений T .

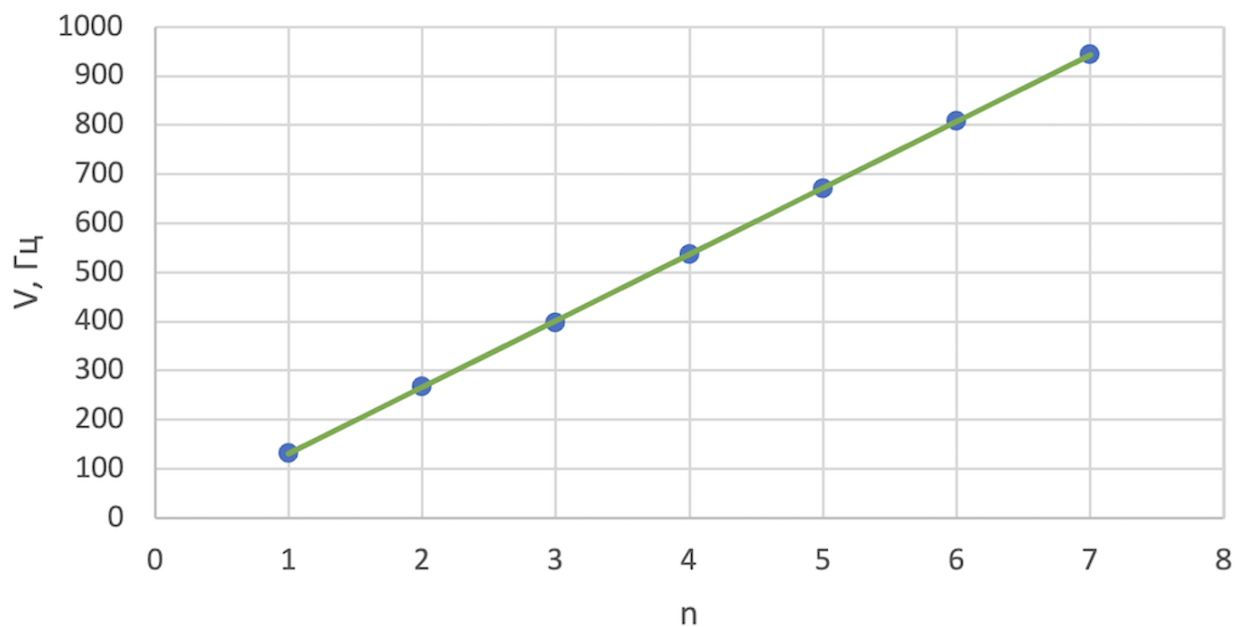


Рис. 2: 1 набор

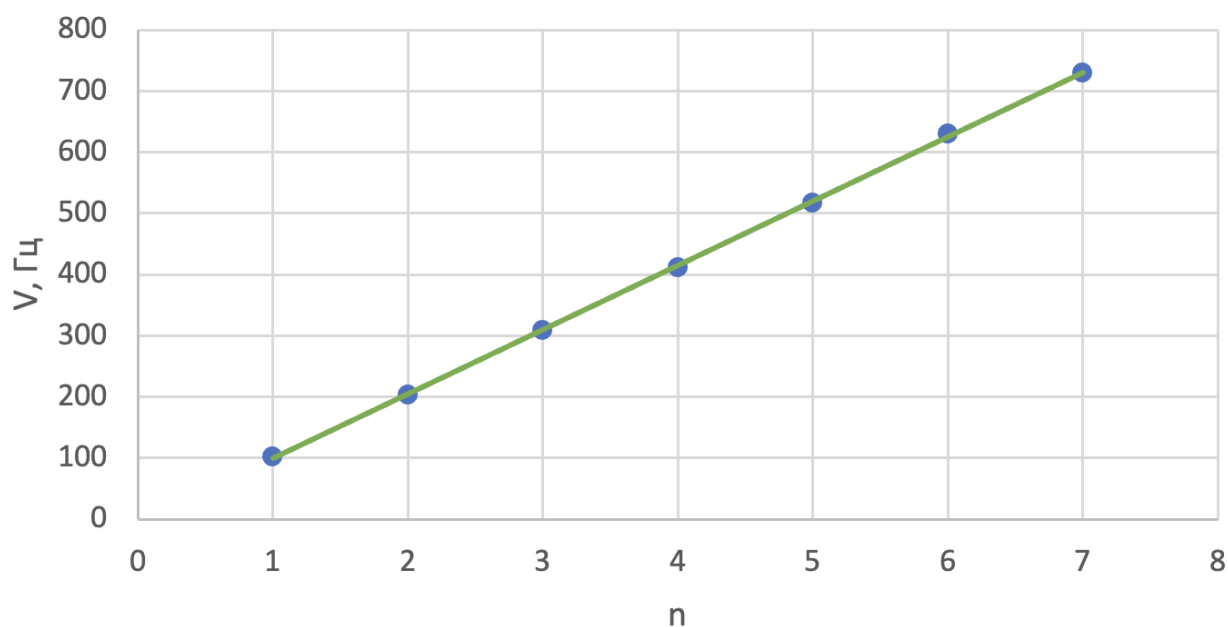


Рис. 3: 2 набор

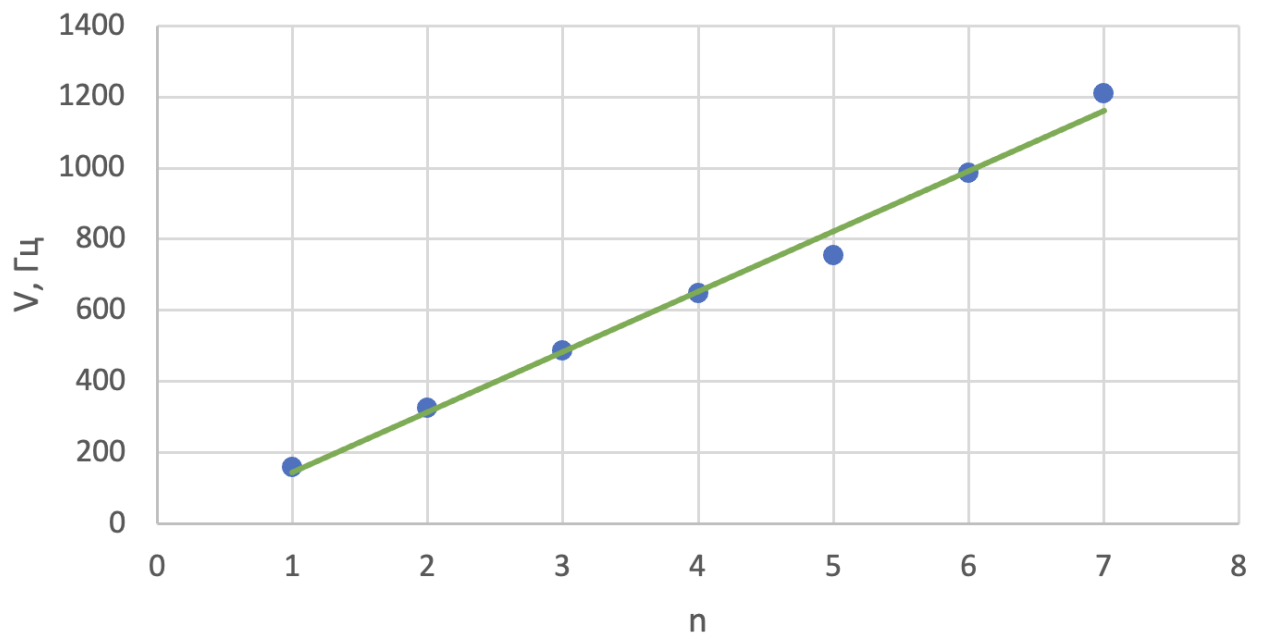


Рис. 4: 3 набор

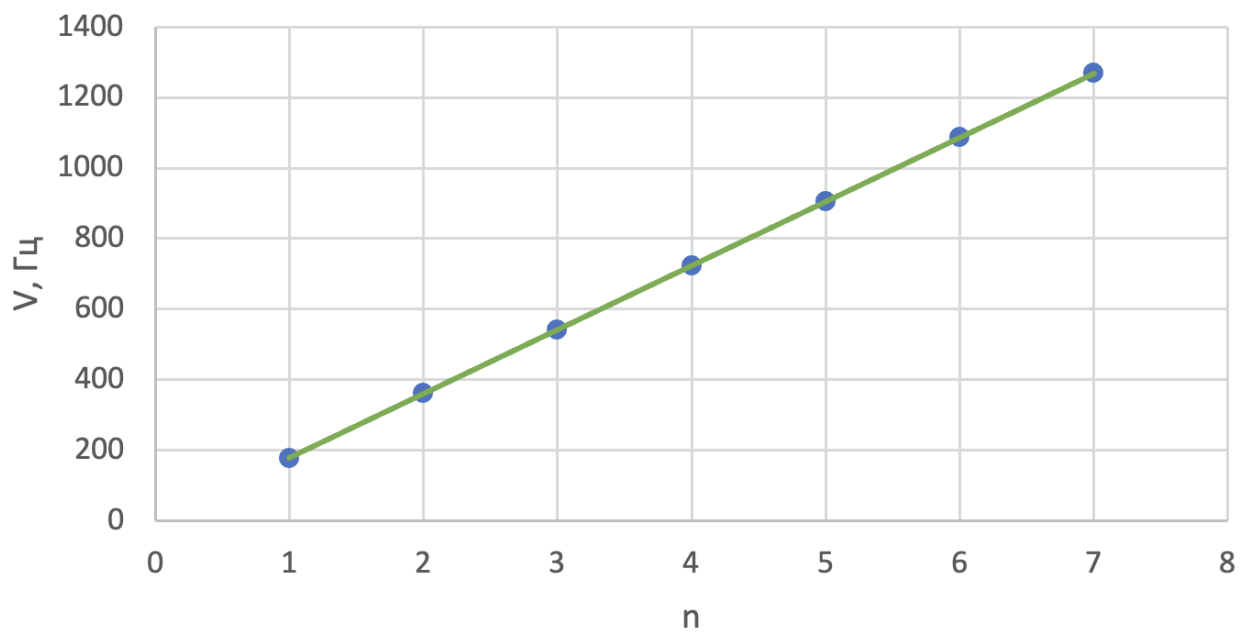


Рис. 5: 4 набор

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 $u^2(T)$:

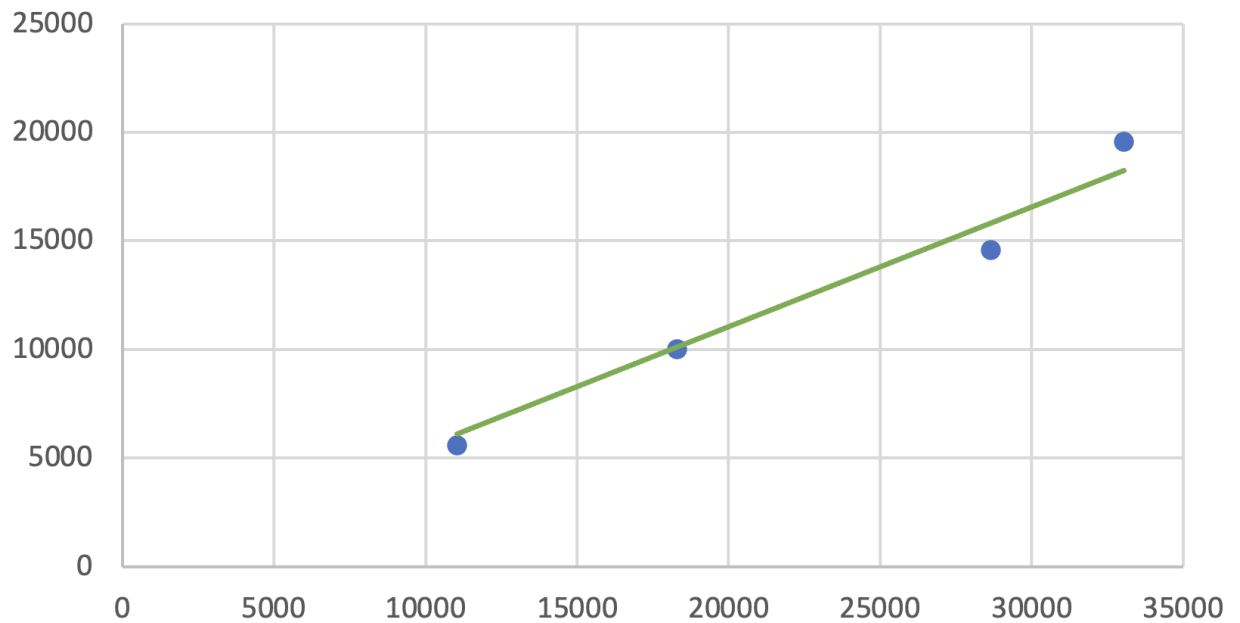


Рис. 6

13. Посчитаем по углу наклона ρ_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 ρ_l :

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

2.3 АЧХ

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

$$Q = \frac{\nu}{\Delta\nu} = 593$$

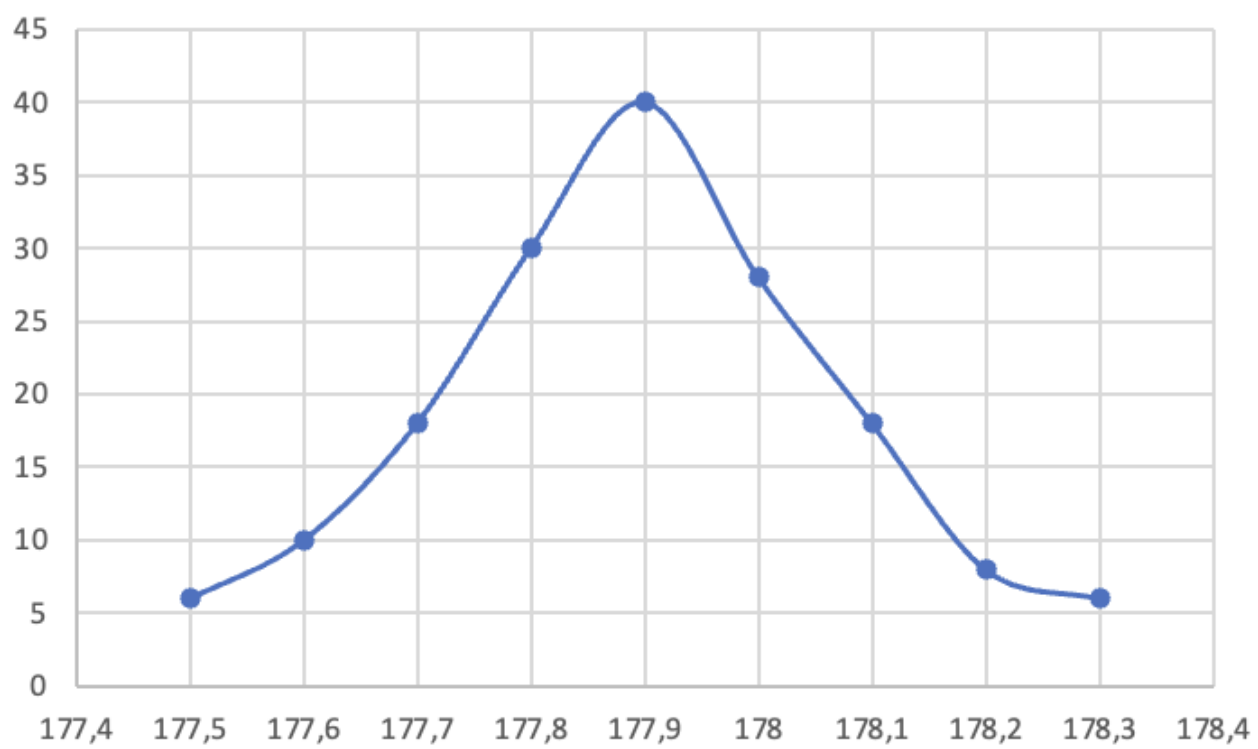


Рис. 7

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.