|  |  |
| --- | --- |
| Группа P3221 | К работе допущен |
| Студент Фам Данг Чунг Нгиа | Работа выполнена |
| Преподаватель Коробков М . П | Отчет принят |

**Рабочий протокол и отчет по  
лабораторной работе №1.14**

Изучение колебаний струны

**1. Цель работы.**

1. Наблюдение поперечных стоячих волн на тонкой натянутой струне
2. Экспериментальное определение зависимости собственных частот поперечных колебаний от номера гармоники и силы натяжения струны

**2. Задачи, решаемые при выполнении работы.**

1. Измерить значения резонансных частот колебаний струны в режиме формирования стоячих волн. Рассчитать значения скорости волны и погонной плотности струны при известной силе ее натяжения
2. Провести прямое измерение массы и длины струны, непосредственно определить ее погонную плотность. Сравнить полученные значений погонных плотностей

**3. Объект исследования.**

Колебание струны

**4. Метод экспериментального исследования.**

Многократное прямое измерение резонансных частот колебаний струны в режиме формирования стоячих волн.

**5. Рабочие формулы и исходные данные.**

* – сила натяжения струны ()
* – угловой коэффициент
* – фактическая линейная плотность струны
* – линейная плотность струны
* – приборная погрешность линейной плотности струны
* – погрешность линейной плотности струны
* – скорость распространения поперечной бегущей волны
* – резонансная частота

**6. Измерительные приборы.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование | Предел измерений | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
| 1 | Генератор гармонических сигналов |  | 0 – 200 Гц | 0,1 Гц |
| 2 | Рулетка |  | 0 – 200 cм | 0,1 см |
| 3 | Весы |  | 0 – 10 г | 0.01 г |

**7. Схема установки:**

****

1. Механический вибратор
2. Генератор гармонических сигналов
3. Рулетка
4. Эластичная и ниэластичная струны
5. Набор грузов и держателей для них
6. Струбцины для крепления вибратора и опорного блока
7. Опорный блок
8. Стержень для крепления вибратора
9. **Результаты прямых измерений и их обработки (*таблицы, примеры расчетов*).**

Струна № 1:

Длина: 104.2 см

Масса: 2.46 г

Струна № 2:

Длина: 104.2 cм

Масса: 6.77 г

*Таблица 1. Определение линейной плотности струны (для неэластичной струны (№1) и эластичной струны (№2))*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Струна №1 | | | | Струна №2 | | | |
|  | f, Гц |  | T, H |  | f, Гц |  | T, H |
| 50 | 34.7 | 1024.09 | 0.491 | 50 | 24.6 | 605.16 | 0.491 |
| 100 | 48.0 | 2304.00 | 0.982 | 100 | 33.2 | 1102.24 | 0.982 |
| 150 | 61.8 | 3819.24 | 1.473 | 150 | 36.9 | 1361.61 | 1.473 |
| 200 | 67.8 | 4596.84 | 1.964 | 200 | 43.5 | 1892.25 | 1.964 |
| 250 | 75.5 | 5700.25 | 2.455 | 250 | 50.0 | 2500.00 | 2.455 |

*Таблица 2. Определение скорости волны (для неэластичной струны (№1) и эластичной струны (№2))*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | *1.1784Н* | *1.4730Н* | *1.7676 Н* | *2.0622Н* | *2.3568Н* | *2.6514Н* |
| *n* |  |  |  |  |  |  |
| *1* | *14.7* | *16.2* | *17.9* | *18.9* | *19.4* | *22.1* |
| *2* | *26.7* | *29.8* | *32.9* | *35.0* | *37.7* | *40.5* |
| *3* | *43.6* | *48.8* | *52.1* | *54.6* | *61.4* | *65.4* |
| *4* | *56.6* | *61.9* | *66.9* | *71.1* | *79.2* | *84.9* |
| *5* | *66.7* | *74.3* | *81.1* | *87.5* | *94.3* | *100.5* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | *1.1784Н* | *1.4730Н* | *1.7676 Н* | *2.0622Н* | *2.3568Н* | *2.6514Н* |
| *n* |  |  |  |  |  |  |
| *1* | *8.4* | *9.2* | *10.1* | *10.9* | *11.9* | *12.8* |
| *2* | *16.4* | *18.3* | *20.1* | *21.8* | *23.6* | *25.3* |
| *3* | *24.2* | *27.1* | *29.7* | *32.4* | *36.2* | *39.1* |
| *4* | *32.1* | *36.7* | *40.9* | *44.6* | *48.4* | *52.4* |
| *5* | *41.2* | *46.4* | *51.1* | *55.8* | *60.5* | *65.4* |

1. **Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы, примеры расчетов*).**

По построенным графикам зависимости квадрата резонансной частоты *fi* от силы натяжения *T*, с помощью метода наименьших квадратов найдем угловые коэффициенты данных зависимостей.

Нить 1:

Абсолютная погрешность α:

Нить 2:

Абсолютная погрешность α:

Найдем линейную плотность нитей и ее абсолютную погрешность согласно формулам.

Нить 1:

Нить 2:

По угловым коэффициентам полученных зависимостей с помощью формулы определяем скорость 𝑢 волны в струне как функцию силы натяжения.

**Расчет скорости u:**

Для каждой частоты , используйте формулу:

Результаты вычислений для обеих струн занесены в таблицы:

Для неэластичной струны (№1):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 30.635 | 33.761 | 37.304 | 39.388 | 40.430 | 46.056 |
| 2 | 27.821 | 31.052 | 34.282 | 36.470 | 39.283 | 42.201 |
| 3 | 40.751 | 45.612 | 48.696 | 51.033 | 57.389 | 61.127 |
| 4 | 39.670 | 43.392 | 46.897 | 49.841 | 55.519 | 59.515 |
| 5 | 37.405 | 41.667 | 45.481 | 49.070 | 52.883 | 56.360 |
|  | 35.256 | 39.097 | 42.532 | 45.160 | 49.101 | 53.052 |
|  | 1242.985536 | 1528.575409 | 1808.971024 | 2309.425600 | 2401.908201 | 2814.514704 |

Для эластичной струны (№2):

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 17.506 | 19.173 | 21.048 | 22.716 | 24.800 | 26.675 |
| 2 | 17.089 | 19.069 | 20.944 | 22.716 | 24.591 | 26.363 |
| 3 | 16.811 | 18.825 | 20.632 | 22.507 | 25.147 | 27.161 |
| 4 | 16.724 | 19.121 | 21.309 | 23.237 | 25.216 | 27.300 |
| 5 | 17.172 | 19.340 | 21.298 | 23.257 | 25.216 | 27.259 |
|  |  | 19.106 | 21.046 | 22.887 | 24.994 | 26.952 |
|  | 291.043600 | 365.039236 | 442.934116 | 523.814769 | 624.800016 | 726.410304 |

**Струна №1:**  
 k = 1064,70

​

​

**Струна №2:**  
 k = 294.54

​

​

**10. Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).**

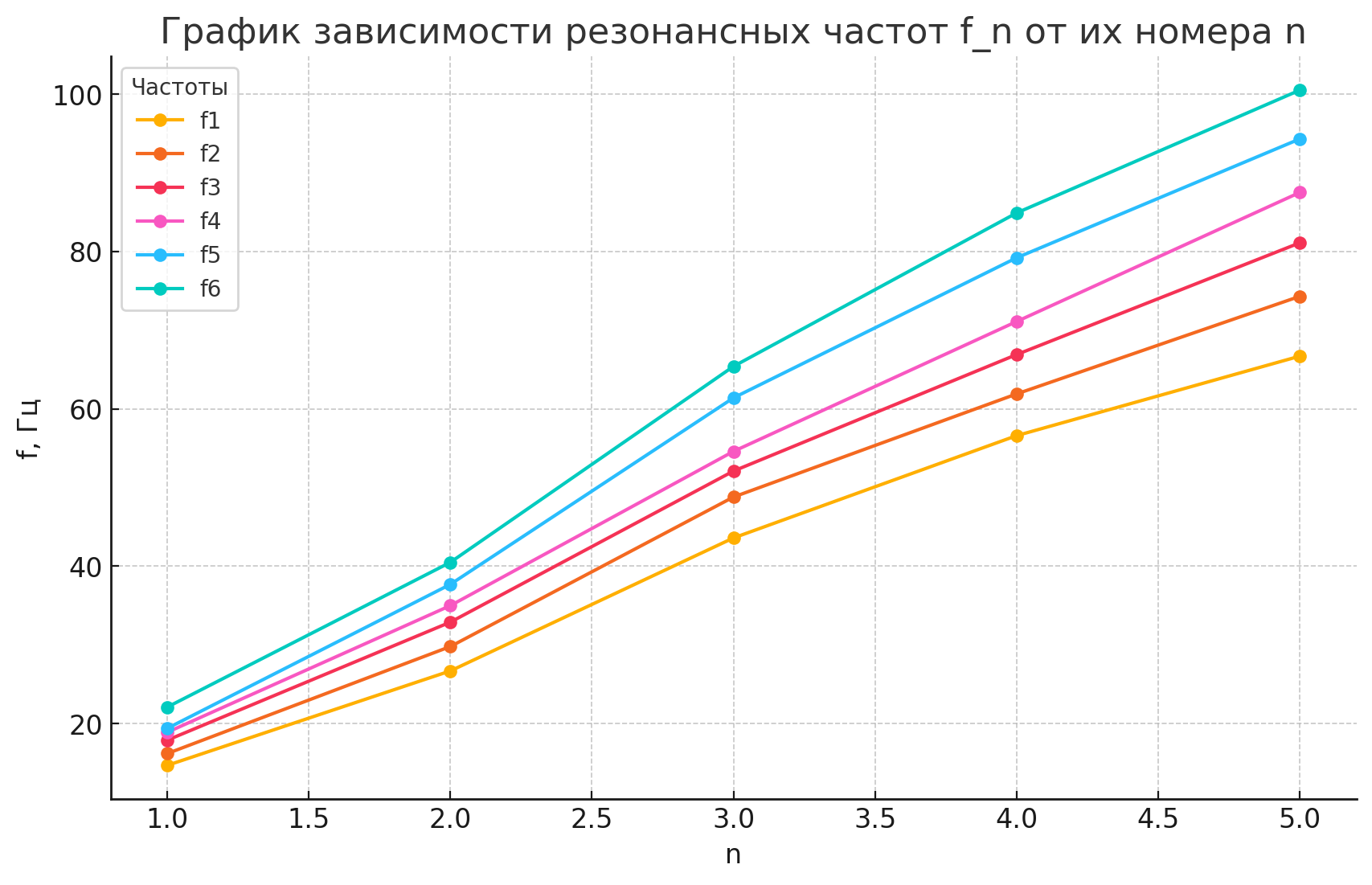
Погрешность линейной плотности струны №1:

Погрешность линейной плотности струны №2:

**11. Графики**

График зависимости резонансных частот от их номера 𝑛:

Для неэластичной струны (№1)



Для эластичной струны (№2)

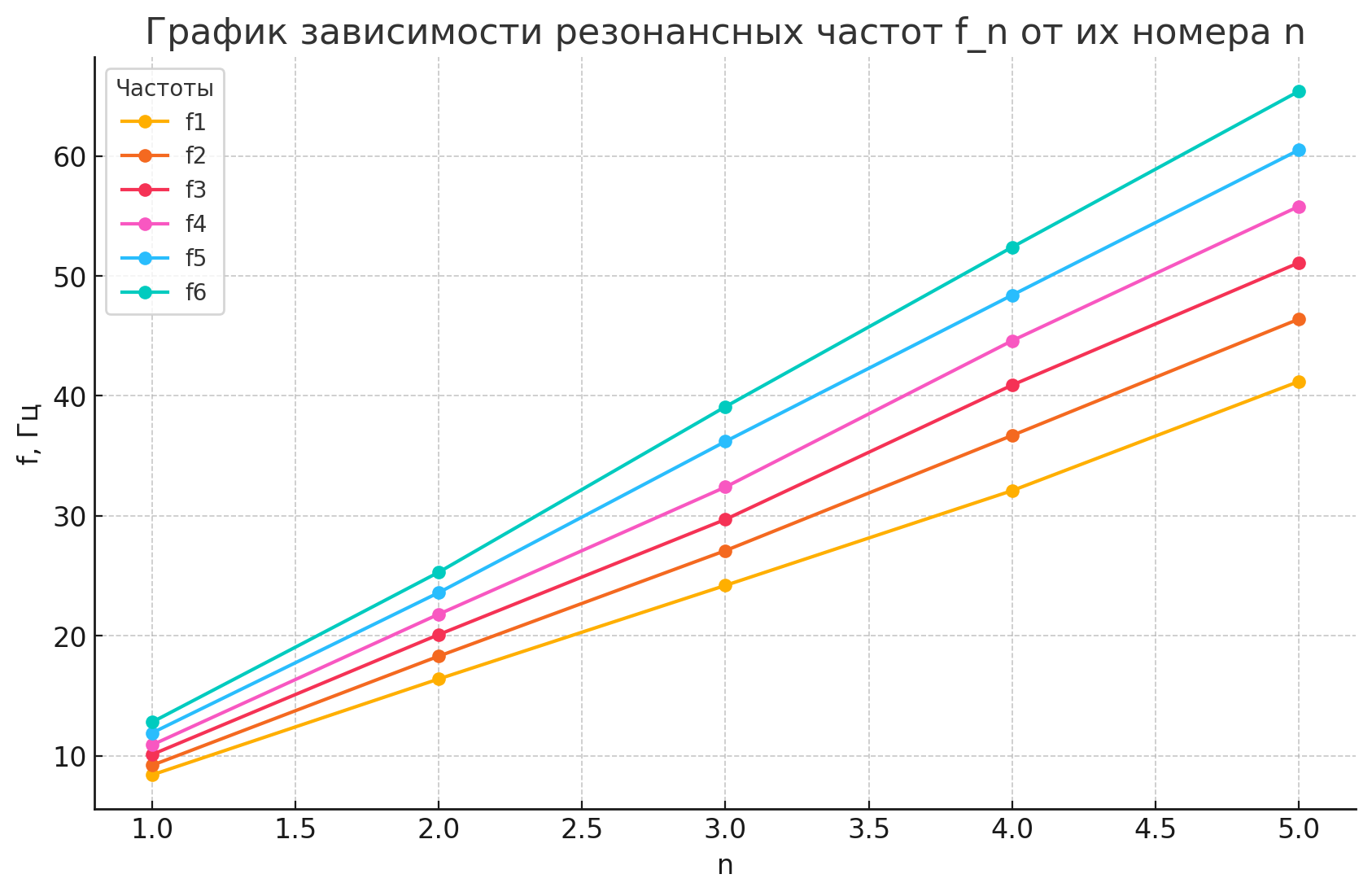
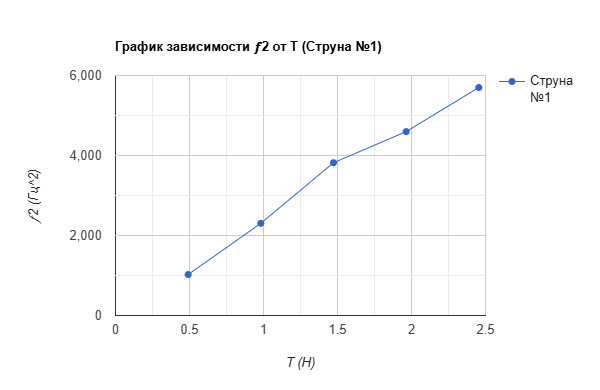


График зависимости квадрата резонансной частоты от силы натяжения струны 𝑇



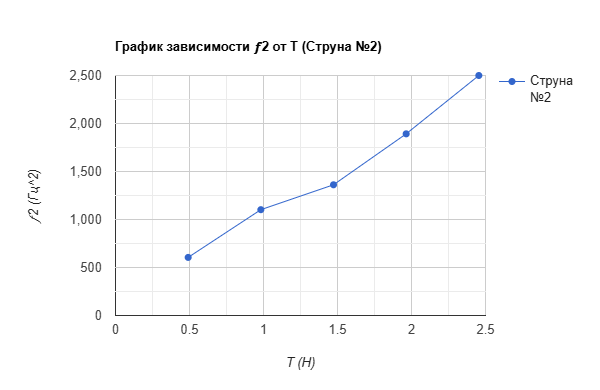
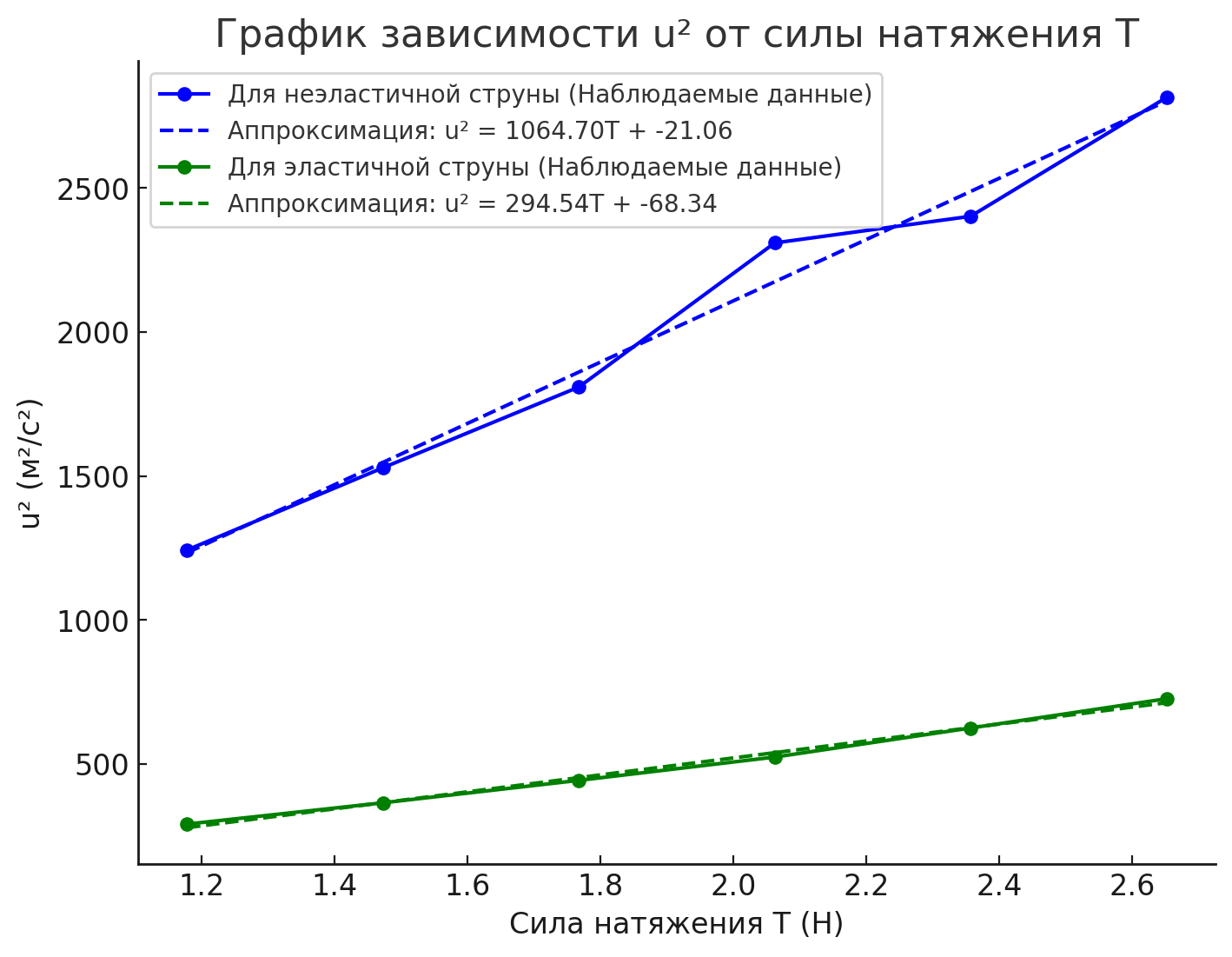


График зависимости от силы натяжения T с аппроксимацией значений



**12. Окончательные результаты.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Линейная плотность нитей | | | |
|  | Прямые измерения | Часть 1 | Часть 2 |
| Неэластичная | 0,00236 ± 0.00001 | 0,00156 ± 0.00025 | ± 0.00001 |
| Эластичная | 0,00650 ± 0,00001 | 0,00370 ± 0,00083 | ± 0.00003 |

**13. Выводы и анализ результатов работы.**

В ходе работы были подробно изучены: связь между частотой, длиной волны и скоростью ее распространения, свойства эластичной и неэластичной нити. Также в качестве показательного результата были получены линейные графики зависимости квадрата фазовой скорости от силы натяжения.