

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Лицей №15» города Воронежа**

*Профильное направление:  
естественно-научные дисциплины (физика)*

**Исследовательская работа по теме:  
«Выявление оптимального способа измерения  
коэффициента жёсткости пружин растяжения»**

***Выполнил учащийся 11 класса:***

Кошкин Павел Сергеевич

***Научный руководитель:***

Валуйская Ольга Александровна

2022 - 2023 г.

## Содержание

1. Введение _____	3
2. Цель и задачи _____	3
3. Теоретическая часть _____	4-6
3.1. Практическое применение различных пружин _____	4
3.2. Обзор технологии изготовления цилиндрических пружин растяжения _____	5
4. Экспериментальная часть _____	6-9
4.1. Оборудование _____	6
4.2. Метод № 1 _____	6-7
4.3. Метод № 2 _____	7
5. Полученные результаты _____	8
6. Метод № 3 _____	8-9
7. Полученные результаты для трех пружин тремя методами _____	9
8. Погрешности измерения _____	9-10
9. Заключение _____	11
10. Список используемой литературы _____	11-12

## **1.Введение**

Тема проекта актуальна, так как в наше время пружины используются практически во всех сферах: на уровне быта, в машиностроении, в автомобилестроении и т.д. Автомобилестроение - та область промышленности, в которой я хотел бы себя реализовать.

## **2.Цель и задачи**

**Цель:** выявить оптимальный способ измерения коэффициента жесткости цилиндрических пружин растяжения.

### **Задачи:**

1. Определить план проведения исследования.
2. Сделать обзор научной и технической литературы, в которой рассмотрены технологии изготовления и области применения различных пружин.
3. Рассмотреть различные способы измерения коэффициента жесткости пружин.
4. Подобрать экспериментальные установки для каждого способа.
5. Измерить коэффициент жесткости на этих установках с учетом погрешностей измерений.
6. Сделать анализ на основе полученных результатов, выявить оптимальный и более точный способ измерения коэффициента жесткости цилиндрических пружин растяжения.

### 3. Теоретическая часть

#### 3.1. Практическое применение различных пружин

Существует большое разнообразие пружин, как по форме и специальной обработке, так и по назначению. Наиболее популярными являются пружины сжатия, растяжения и волновые пружины. Приведем примеры их практического применения:

- в быту: часы, автовозвратные двери, весы;
- в народном хозяйстве: транспорт, машиностроение и приборостроение.

Стоит отдельно сказать о применении пружин при проектировании и строительстве транспорта. Пружины сжатия для амортизации применяют в автомобилях, грузовом, железнодорожном транспорте. Комплекс пружин сжатия, растяжения и другие используют в тормозной системе.



Рис.1. Виды и практическое применение пружин.

### 3.2. Обзор технологии изготовления цилиндрических пружин растяжения

Рассмотрим процесс изготовления пружин растяжения методом холодной навивки:

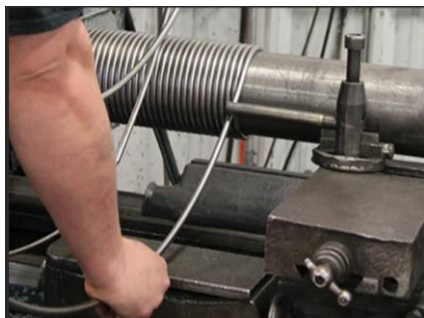


Рис.2. Намотка пружины на валик.

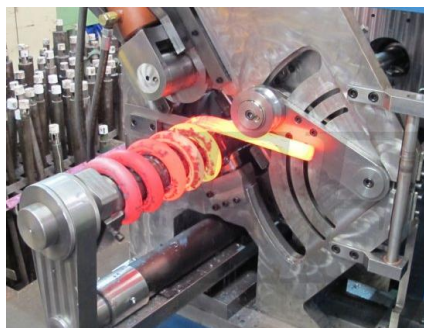


Рис.3. Термическая обработка пружины.

1) Сначала подготавливается материал, из которого изготавливаются пружины; материал внимательно осматривается на предмет сколов, зазубрин.

2) Затем осуществляют процедуры рихтовки и правки. Это нужно сделать для исключения расслаивания проволоки в процессе обработки.

3) Происходит фиксация заготовки на станке зажимом.

4) Устанавливают необходимое натяжение проволоки.

5) Определяют нужную скорость вращения.

6) Далее наматывают пружину на валик.

7) Обрезают проволоку после достижения необходимого числа витков.

8) Производят термическую обработку, закалку.

9) Обязательно нужно сформировать и обработать концы, или зацепы.

Если необходимо, то на партию наносится антикоррозийное покрытие.

Срок эксплуатации пружин достигает несколько десятков лет, т.к. их изготавливают из прочных металлов.

## 4. Экспериментальная часть

4.1. Оборудование для экспериментов: грузы (50г, 100г, 200г), 3 пружины с разным коэффициентом жесткости, микрометр, штангенциркуль, штатив с муфтой и лапкой, секундомер.

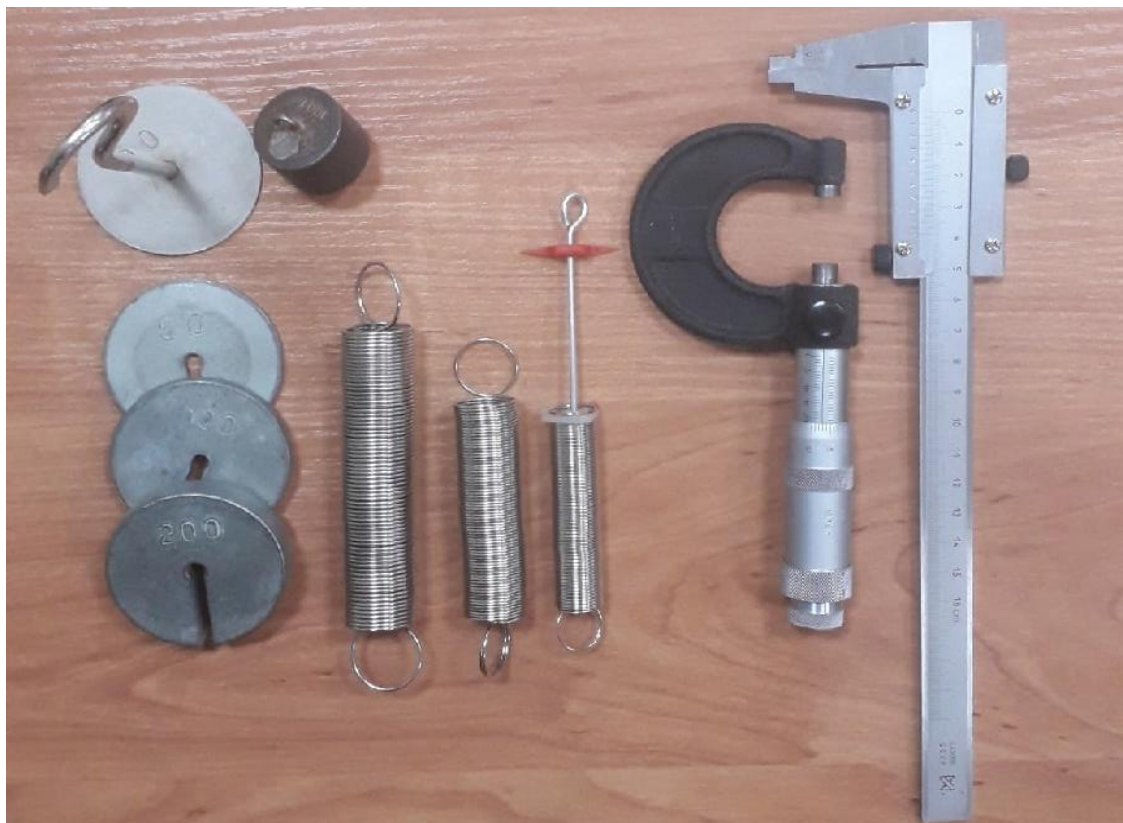


Рис.4. Набор оборудования для проведения опытов.

### 4.2. Метод №1.

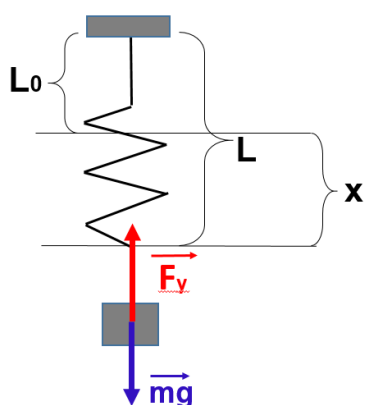


Рис.5. Схема установки №1.

Где,  $m$  — масса грузов известных номиналов,

В основе метода лежит условие равновесия груза на пружине.

По I закону Ньютона:  $F_y = F_m$

Из закона Гука:  $F_y = kx$

$$F_m = mg$$

$$kx = mg$$

$$k = \frac{mg}{x}$$

$x$  – абсолютное удлинение образца,

$k$  – коэффициент жесткости пружины.

#### 4.2.2. Измерение физических параметров.

- Закрепим в лапке штатива пружину.
- Измерим длину пружины при помощи линейки без нагрузки.
- Затем подвесим к пружине груз.
- Измерим длину деформированной пружины.

По полученным данным определим коэффициент жесткости для трех образцов пружин.

#### 4.3. Метод №2.

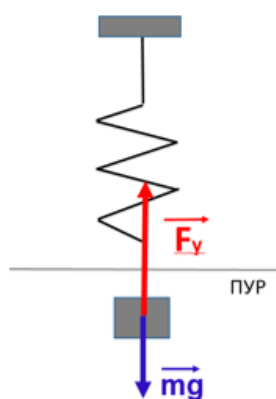


Рис.6. Схема установки №2.

4.3.1. В основе метода лежит явление колебания груза на пружине по вертикали.

$$T_{np} = \frac{t}{N}, \quad T_{np} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$k = \frac{4\pi^2 m N^2}{t^2}$$

Где,  $T$  – период колебания,

$t$  – время колебаний,

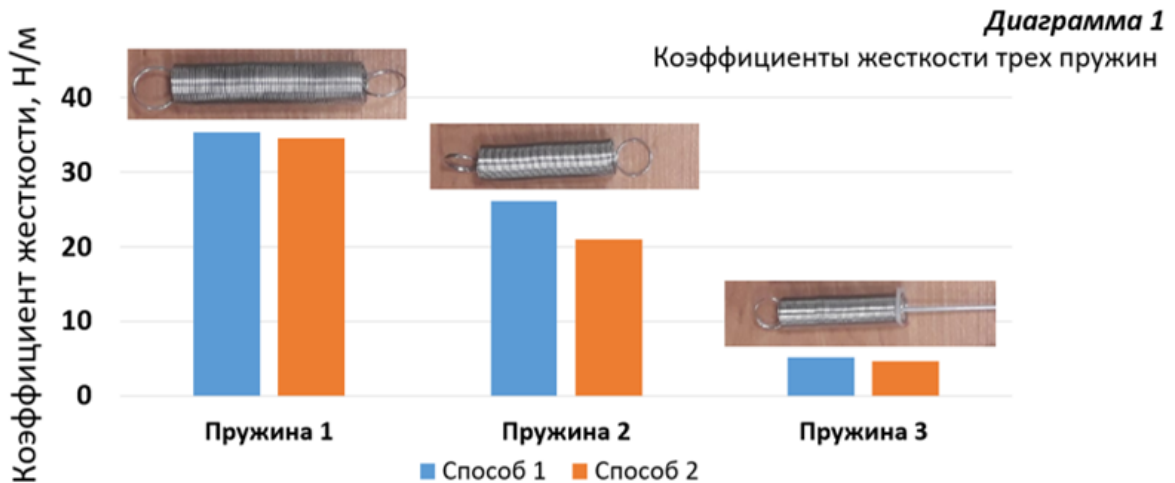
$N$  – количество колебаний.

#### 4.3.2. Измерение физических параметров.

- Закрепим в лапке штатива пружину.
- Выведем груз, подвешенный на пружине из состояния равновесия.
- При помощи секундомера измерим время 10 полных колебаний.

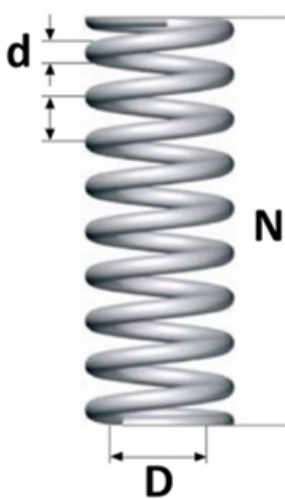
По полученным данным определим коэффициент жесткости для трех образцов пружин.

## 5. Полученные результаты на основе двух методов.



**Вывод:** два способа измерения жесткости пружин дают примерно близкие значения: 35,3 Н/м и 34,5 Н/м (для первой пружины), 5,08 Н/м и 4,6 Н/м (для третьей пружины), но для второй пружины коэффициенты жесткости различаются 5,1 Н/м: 26,1 Н/м и 21 Н/м. Для разрешения проблемы нужно найти метод, используемый конструкторами, для создания пружин с заданным коэффициентом жесткости.

## 6. Метод №3.



6.1. На основе этого метода конструкторы создают пружины с заданными свойствами и определенными физическими и геометрическими параметрами.

$$k = C = \frac{G4d^4}{8D^3N}$$

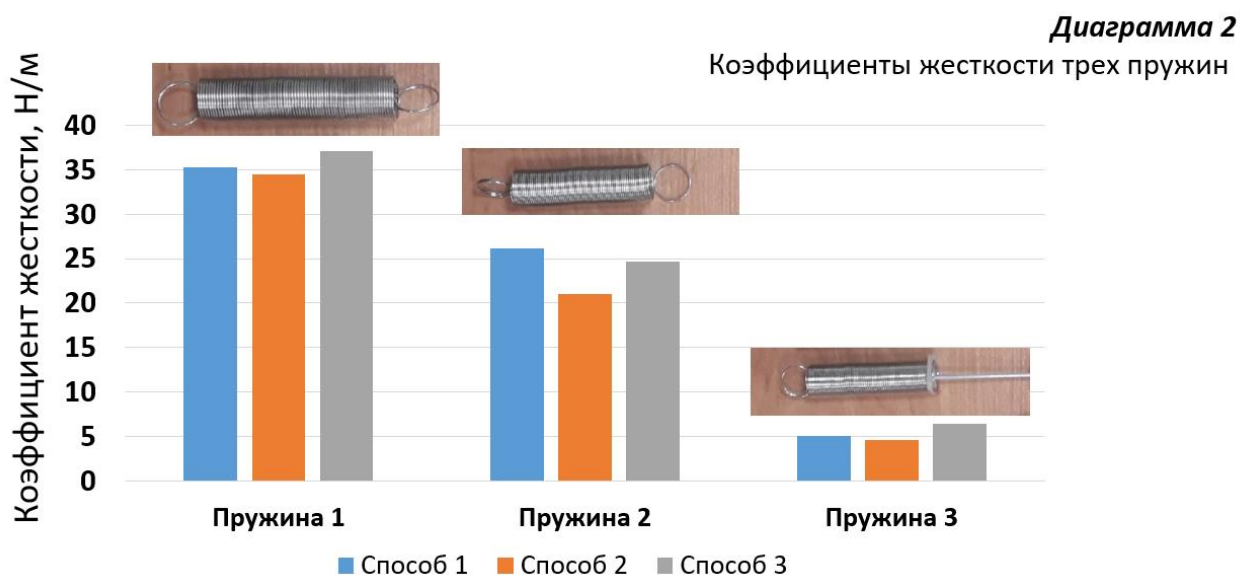
Где,  $d$  – диаметр проволоки;  
 $D$  – диаметр намотки;  
 $N$  – количество витков.

### 6.2. Измерение физических параметров.

- При помощи микрометра измерим диаметр проволоки, из которой выполнена пружина.
- При помощи штангенциркуля измерим диаметр намотки.
- Посчитаем количество витков в пружине.



## Полученные результаты на основе трех методов.



**Вывод:** все три способа измерения жесткости пружин дают довольно согласованные значения, но каждый из них дает погрешность при измерении физических величин. Считаю, что второй метод дает самую большую погрешность, т.к. в нем проводятся измерения в динамике, что создает силу сопротивления воздуха при колебаниях. Следовательно, считаю необходимым определить погрешность измерения коэффициента жесткости пружин.

При измерении физических величин нужно учитывать погрешность измерений: максимальную погрешность прямых измерений, относительную и абсолютную погрешности.

Оценим погрешности для первой пружины, чтобы понимать в каком интервале будет находиться значение коэффициента жесткости.

8.1. Определим относительную погрешность косвенных измерений для первого метода по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta g}{g} \quad \text{и} \quad \varepsilon = \frac{\Delta x}{x}$$

т.к. масса тела была определенного номинала, а ускорение свободного падения физическая константа.

Учитывая, что погрешность прямых измерений деформации пружины № 1 равна 0,001 м, то  $\varepsilon = 0,012$ .

Тогда абсолютная погрешность численно равна

$$\Delta k = \varepsilon k, \quad \Delta k = 0,42 \text{ Н/м}$$

$$k = (35,30 \pm 0,42) \text{ Н/м}$$

8.2. Далее определим относительную погрешность косвенных измерений для второго метода по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta t}{t} \quad \text{и} \quad \varepsilon = 2 \frac{\Delta t}{t}$$

т.к. масса тела была определенного номинала.

Учитывая, что погрешность прямых измерений времени колебаний 0,001 с, то  $\varepsilon = 0,0034$ .

Тогда абсолютная погрешность численно равна

$$\Delta k = \varepsilon k, \quad \Delta k = 0,12 \text{ Н/м}$$

$$k = (34,50 \pm 0,12) \text{ Н/м}$$

8.3. Далее определим относительную погрешность косвенных измерений для третьего метода по формуле:

$$\varepsilon = 4 \frac{\Delta d}{d} + 3 \frac{\Delta D}{D}$$

т.к. масса тела была определенного номинала.

Диаметр проволоки измеряли при помощи микрометра, погрешность его равна 0,00001 м, 0,00005 м, тогда  $\varepsilon = 0,041$ .

Тогда абсолютная погрешность численно равна

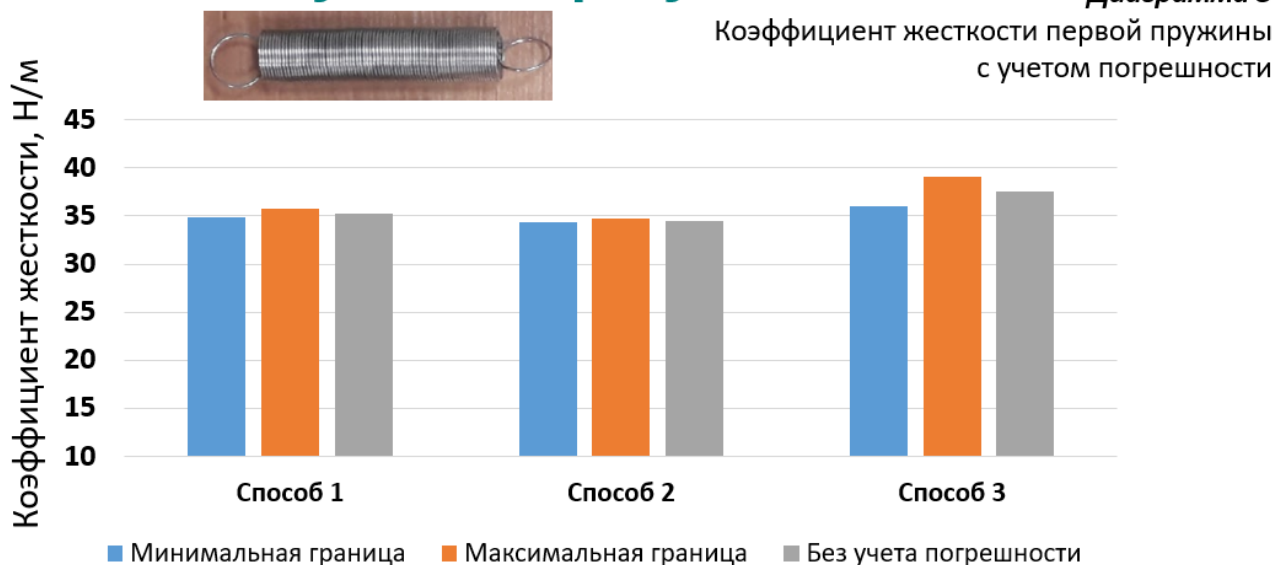
$$\Delta k = \varepsilon k, \quad \Delta k = 1,54 \text{ Н/м}$$

$$k = (37,50 \pm 1,54) \text{ Н/м}$$

8.4. Представим результаты измерений коэффициента жесткости для первой пружины с учетом погрешностей измерения.

## Полученные результаты

Диаграмма 3



**Вывод:** более согласованные измерения жесткости пружин с учетом погрешностей дают первый и второй способы (методы). Выявили, что в третьем методе погрешность измерения наибольшая.

### Заключение

В ходе проведения научно-исследовательской работы, я получил системное представление о значении физических явлений и законов при создании и использовании таких изделий как пружины растяжения.

Улучшил навыки самостоятельного проведения физических экспериментов. Смог выявить, что при проведении опытов именно в школьной лаборатории оптимальными оказались первые два метода для измерения коэффициента жесткости пружин. Они дают согласованные результаты и менее трудоемкие.

### Список использованной литературы

- 1.Тихомирова С.А., Яворский Б.М., Физика. 10 класс.: учебник для общеобразоват. учреждений (базовый и профильный уровни)/ С.А. Тихомирова - М.: «Мнемозина», 2010.- 304 с.: ил.
- 2.Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Эвенчик Э.Э., Физика. 10 класс.: учебник для общеобразоват. учреждений (углубленный уровни)/ под редакцией А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина - М.: Просвещение, 2014.- 416 с.: ил.

З.Яворский Б.М., Детлаф А.А., Справочник по физике: / Б.М. Яворский - М.: «Наука», 1990.- 6244 с.: ил.

#### ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

- Формулы расчета пружин растяжения: [https://nicespb-ru.turbopages.org/nicespb.ru/s/tehnologii/fizicheskij-smysl-koefficienta-uprugosti.html](https://nicespb.ru.turbopages.org/nicespb.ru/s/tehnologii/fizicheskij-smysl-koefficienta-uprugosti.html)
- Мир пружин: <https://www.mirpruzhin.ru/biblioteka/primenenie-pruzhin-v-bytu-i-sovremennoj-zhizni/>
- Пружины растяжения, URL: <https://ae04.alicdn.com/kf/H87dfbafba18d43559dede972d9000c0fo.jpg>
- Пружины сжатия, URL: <https://static.tildacdn.com/tild3065-6230-4064-b266-316535363539/photo.jpg> , <https://avatars.mds.yandex.net/i?id=c4a5fb86cf54d1145afdb329fa8779da-4401528-images-thumbs&n=13>
- Пружины волновые, URL: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Multi-turn\\_wave\\_spring\\_with\\_plain\\_ends.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Multi-turn_wave_spring_with_plain_ends.png)
- Термическая обработка пружины, URL: <https://stepplay.ru/wp-content/uploads/wim-h-gr-04.jpg>
- Пружины с заданными свойствами, URL: [https://img.balticexport.com/infopage/photos/b/5/lsez-sia-lesjofors-springs-lv\\_b56xz\\_001\\_2000x1500.jpg](https://img.balticexport.com/infopage/photos/b/5/lsez-sia-lesjofors-springs-lv_b56xz_001_2000x1500.jpg)