



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический университет»
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001:2015

Институт/факультет Институт морских технологий,
энергетики и транспорта

Кафедра «Общеинженерные дисциплины и транспорт»

«ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ ПРИ СЖАТИИ»

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Соппротивление материалов»
для студентов строительных и технических специальностей

Астрахань-2024

Составили:

Джахьяева С.Б., к.т.н, доц. кафедры «Общеинженерный дисциплины и наземный транспорт»;

Рецензент: Каргин С.А., к.т.н, доц. заведующий кафедры «Общеинженерный дисциплины и наземный транспорт»

Испытание на сжатие различных материалов. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Сопротивление материалов» для студентов строительных и технических специальностей / АГТУ; Сост. С.Б. Джахьяева – Астрахань, 2024. - 16 с.

В методических указаниях изложены теоретические основы проведения исследований механических свойств цилиндрической пружины при сжатии, представлена методика обработки полученных экспериментальных данных.

Методические указания для практических занятий по дисциплине «Сопротивление материалов» утверждены на заседании кафедры «Общеинженерные дисциплины и транспорт», протокол № 6 от 28 июня 2024 г.

© Астраханский государственный технический университет

Лабораторная работа

ИСПЫТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ НА СЖАТИЕ

Упругие элементы - гибкие детали основным рабочим свойством которых является способность существенно деформироваться под нагрузкой.

Пружина – деталь машины или механизма, служащая для временного накопления энергии за счет упругой деформации под влиянием нагрузки. По прекращении действия нагрузки пружина отдает накопленную энергию и восстанавливает свою первоначальную форму.

Пружины используются в различных машинах и приборах. При помощи их создается постоянная сила нажатия и натяжения между деталями машины или прибора (во фрикционных передачах, муфтах, тормозах и т.п.), виброизоляция, автоматизация ударов (амортизаторы, буферы, рессоры и т.п.), аккумуляция энергии с последующим использованием пружины как двигателя (часовые и прочие пружины), измерение сил (в динамометрах и других измерительных приборах).

В машиностроении чаще используются пружины из круглой проволоки, т.к. они дешевле других, лучше работают на кручение. Пружины с витками квадратного и прямоугольного сечения применяют при больших нагрузках, а также когда из-за сложности наливки пружины нужно вырезать из трубы, – это пружины сжатия. В массовом и крупносерийном производстве витые пружины изготавливают на специальных станках-автоматах, в остальных случаях – на токарных станках.

Краткие теоретические сведения

По форме и конструкции пружины бывают витые, цилиндрические, конические, тарельчатые, кольцевые, стержневые, блочные, спиральные, плоские, рессоры.

По виду нагружения различают пружины растяжения, сжатия, кручения и изгиба. Примерная классификация пружин по указанным признакам приведена на рис. 1.1. В различных машинах и конструкциях применяют винтовые

цилиндрические пружины с малым шагом витков (угол подъема витков $\alpha < 10 - 12^\circ$), подвергающиеся воздействию растягивающих или сжимающих сил.

При проектировании таких пружин необходимо вычислить наибольшие напряжения (для оценки прочности) и деформации (для регулировки нагрузки). Материал пружин под воздействием сжимающих или растягивающих сил в основном испытывает кручение.

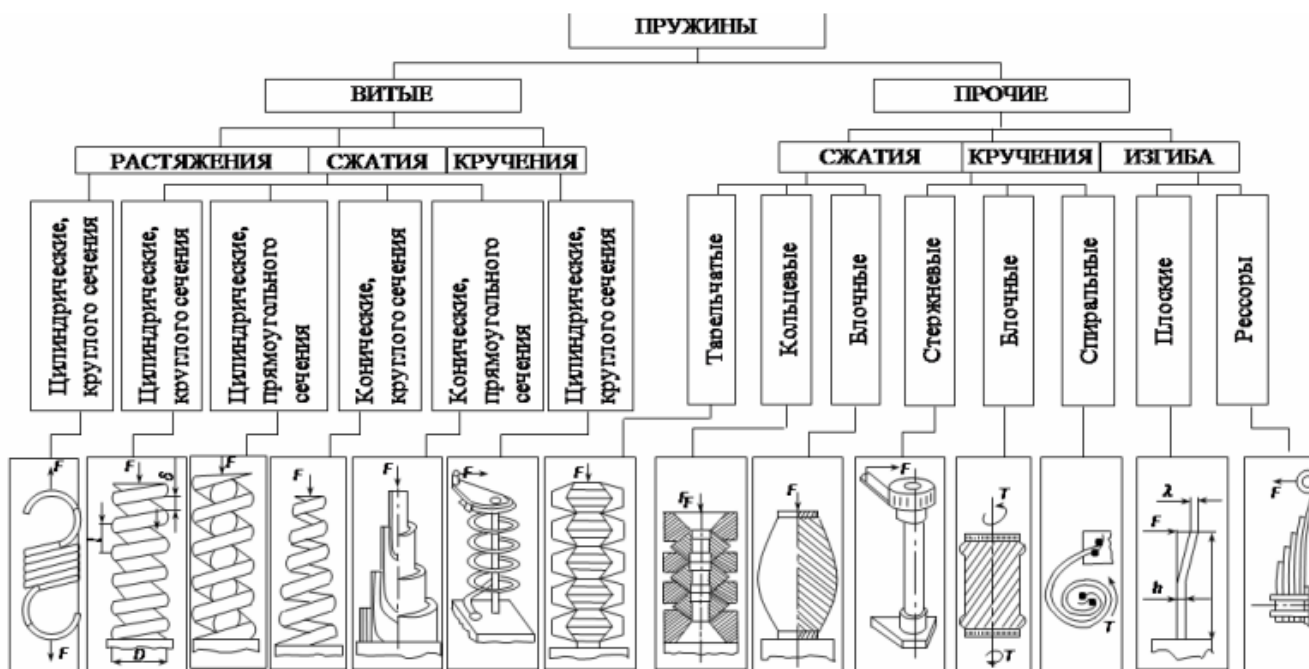


Рисунок 1.1 Классификация пружин

Наибольшее применение получили цилиндрические спиральные пружины, работающие на растяжение и сжатие. Цилиндрическая спиральная пружина может рассматриваться как пространственно изогнутый брус, осевая линия которого, в простейшем случае, представляет собой винтовую линию. Форма осевой линии пружины определяется диаметром витка D , числом витков n и шагом пружины S , который зависит от угла подъема α (рис. 1.2). Упругие свойства пружины зависят от параметров D , n , формы и размеров сечения витка. Обычно пружины изготавливаются (навиваются) из круглой стальной проволоки с поперечным сечением диаметром d .

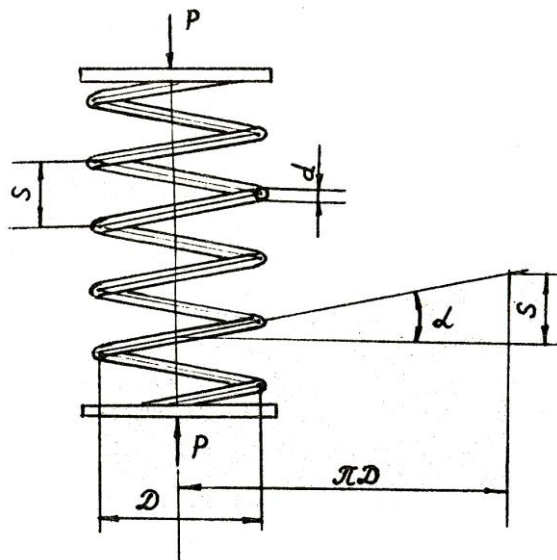


Рисунок 1.2 – Цилиндрическая спиральная пружина

При действии на пружину центрально приложенной нагрузки происходит перемещение её концов – осадка пружины λ . Осадка пружины определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{8PD^3n}{Gd^4}, \quad (6.1)$$

где P – внешняя сила;

D – средний диаметр витка пружины;

n – число рабочих витков;

d – диаметр проволоки пружины;

G – модуль сдвига материала пружины

$$D = D_n - d$$

D_n – наружный диаметр пружины.

Помимо осадки характеристикой пружины является её жёсткость. Жёсткость пружины C – это величина силы P , при которой осадка пружины равна единице длины (например, 1 см). С учётом формулы (6.1) жёсткость пружины равна:

$$C = \frac{P}{\lambda} = \frac{Gd^4}{8D^3n}. \quad (6.2)$$

Между осадкой λ и силой P существует линейная зависимость. Поэтому жёсткость пружины C является постоянной и определяется по формуле:

$$C = \frac{\Delta P}{\lambda_{cp}} \quad (6.3)$$

где ΔP - нагрузка, соответствующая ступени нагружения;

λ_{cp} - среднее значение осадки пружины на ступень нагружения.

Для экспериментального определения жёсткости необходимо получить зависимость осадки λ от силы P .

Описание лабораторной работы

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное определение осадки и жёсткости – характеристик цилиндрических пружин и сравнение их с теоретическими значениями.

2. ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1. Изучить методику проведения испытаний на сжатие.
2. Определить теоретические и экспериментальные значения осадки и жёсткости пружин №1 и №2
2. Построить зависимость деформации пружины от осевой нагрузки.
3. Сопоставить полученную осадку пружины в ходе эксперимента с расчетной.
4. Проанализировать полученные результаты.

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ

1. Винтовая цилиндрическая пружина сжатия (рис. 1.3). Модуль упругости при сдвиге материала проволоки $G = 8 \cdot 10^5 \text{ кгс} / \text{см}^2 = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$.

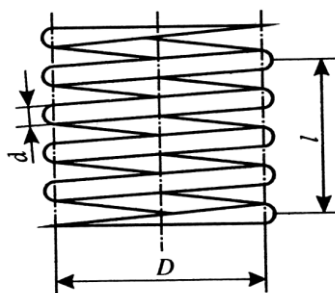


Рисунок 1.3 Пружина сжатия винтовая цилиндрическая

2. Штангенциркуль ШЦ-I – универсальный инструмент, предназначенный для высокоточных измерений наружных и внутренних размеров, глубин отверстий. Штангенциркуль имеет измерительную штангу (отсюда и название этой группы) с основной шкалой и нониус – вспомогательную шкалу для отсчета долей делений. Точность его измерения – десятые/сотые (у разных видов) доли миллиметра (рис. 1.4).

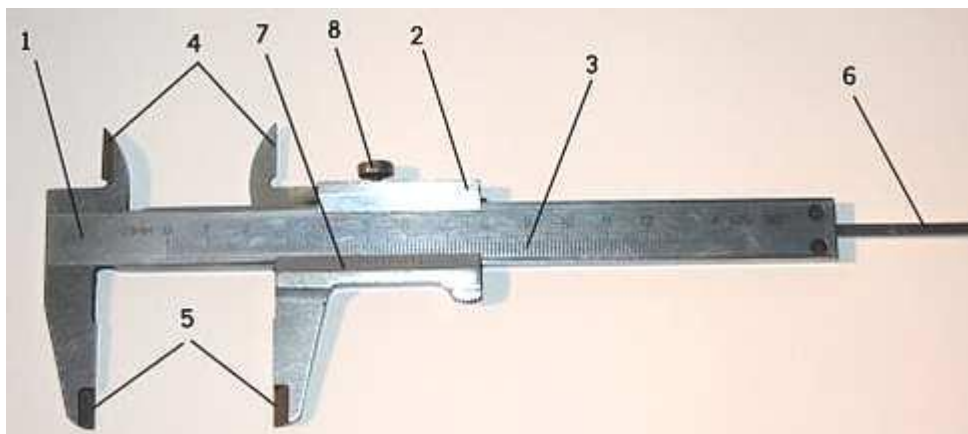


Рисунок 1.4 Штангенциркуль ШЦ-I:

1 – штанга; 2 – подвижная рамка; 3 – шкала штанги; 4 – губки для внутренних измерений; 5 – губки для наружных измерений; 6 – линейка глубиномера; 7 – нониус; 8 – винт для зажима рамки

3. Испытательная машина: лабораторная установка для испытаний материалов УИМ – 2 ПС (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Универсальная машина для исследования свойств материала
УИМ – 2 ПС

4. Персональный компьютер (ноутбук)

4. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

Зона сжатия в стенде находится между средней и нижней траверсой. Начните сборку с установки приспособления удерживающего пружину в нижнюю траверсу. Оно изображено на рисунке 4.1. Вставьте шток 1 в нижнюю траверсу и прикрутите гайкой 2.

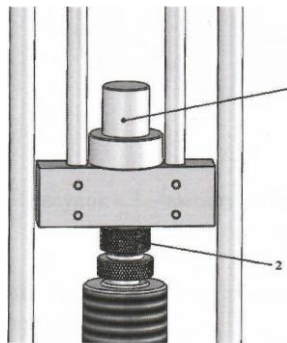


Рисунок 4.1- собранное приспособление

Далее оденьте на шток пружину, и шайбу (рисунок 4.2).

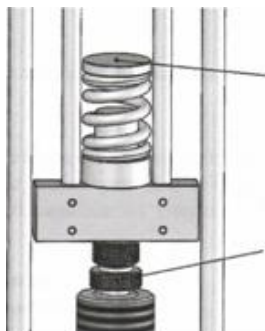


Рисунок 4.2 — Собранная установка

Как видно из рисунка 4.2, шайба 1 не достаёт до средней траверсы. Для удаления зазора, выкрутите упорный винт 2, либо вместо гайки прикрученной к штоку, прикрутите вытянутую гайку изображенную на рисунке 4.3.

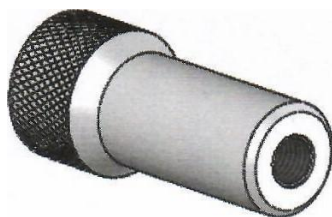


Рисунок 4.3 — Вытянутая гайка

Установите указатель максимального давления (красная стрелка) в нулевую позицию (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4— Обнуление максимального давления

Далее подключим стенд к компьютеру для снятия показаний с датчиков и получения диаграммы растяжения. Для этого используем специальный электронный блок, изображенный на рисунке 4.5. Подключите к нему следующие устройства:

- Датчик давления;
- Датчик перемещения;
- Блок питания на 24В в разъем DC/24V;
- Компьютер USB - проводом в разъем PC



Рисунок 4.5 — Электронный блок

Завершающим шагом подготовки к проведению лабораторной работы будет настройка датчика перемещения. Основная цель данного этапа: выставить показания датчика в ноль. Показания датчика будем наблюдать на компьютере.

При испытании на сжатие цилиндрической пружины нижняя и верхняя траверсы, вместе с балкой и опорами перемещаются вверх, упирая шайбу в

среднюю траверсу. Датчик перемещения закреплен неподвижно относительно средней траверсы (рисунок 4.6). А стержень датчика в свою очередь закреплен за верхнюю траверсу, и двигается вместе с ней.

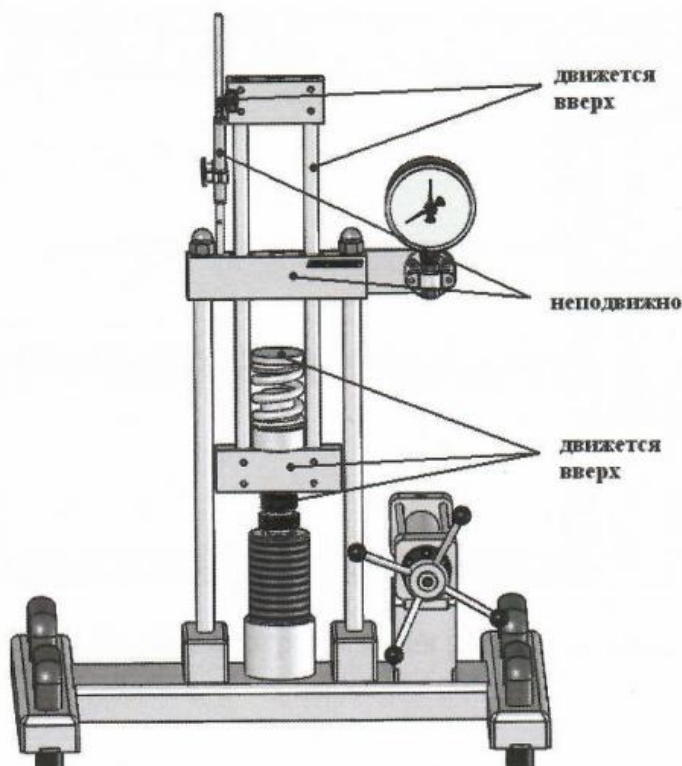


Рисунок 4.6— Направления перемещения частей стенда

Следовательно, перед проведением испытаний, стержень необходимо задвинуть в датчик. Следует отметить, что датчик работает не на всем диапазоне перемещения стержня. В крайних положениях стержня присутствует зона нечувствительности, выявить которую можно с помощью ПК. Для этого запустим специальный программный продукт, предназначенный для работы со стендом (рисунок 4.7). Если стержень находится в зоне нечувствительности, данные с датчика перестают передаваться в программу, в следствии чего программа переходит в режим ожидания, и каких либо изменений на графиках происходить не будет.

Выдвигая стержень необходимо отслеживать показания датчика на компьютере. Добившись отображением на графике нулевого перемещения, необходимо зафиксировать датчик винтом в специальном креплении. Для более точной доводки в ноль можно использовать гайку на конце стержня датчика.

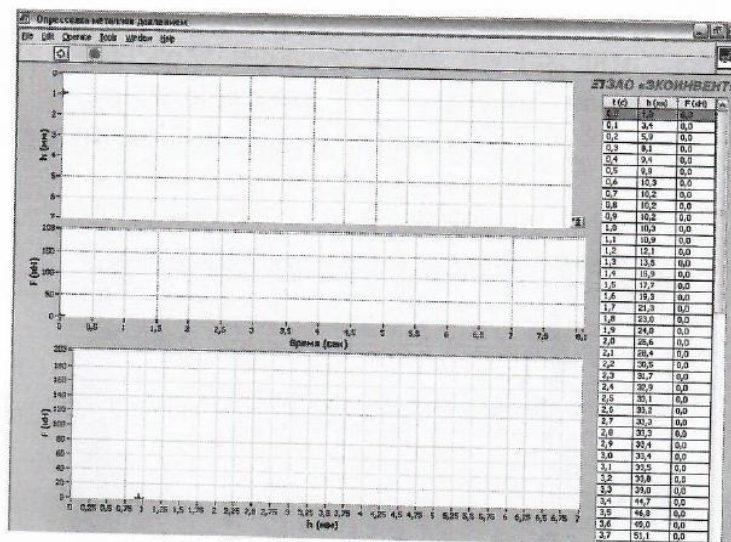


Рисунок 4.7 – Вид программы для работы со стендом

5. ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Для двух исследуемых пружин необходимо: измерить геометрические параметры - наружный диаметр пружины D_H ; внутренний диаметр пружины D_B ; диаметр проволоки пружины d ; вычислить средний диаметр пружины: $D = 1/2 \cdot (D_H + D_B)$; посчитать число витков пружины n . Результаты измерений занести в таблицу 6.1.
2. Установить пружину на испытательную установку. С помощью штангенциркуля измерить расстояние A от основания до нижней границы нагружающего фланца.
3. Приступите к нагружению пружины, для этого необходимо вращать штурвал по часовой стрелке.

Приложенная сила будет отображаться на мониторе красным графиком (второй график). В случае выхода графика за пределы шкалы, следует нажать кнопку для автоматического масштабирования. Она находится в правом нижнем углу графиков.

По мере увеличения давления будет происходить сжатие пружины. Величина сжатия пружины будет отображен на мониторе компьютера зеленым графиком (первый график) (рисунок 5.1).

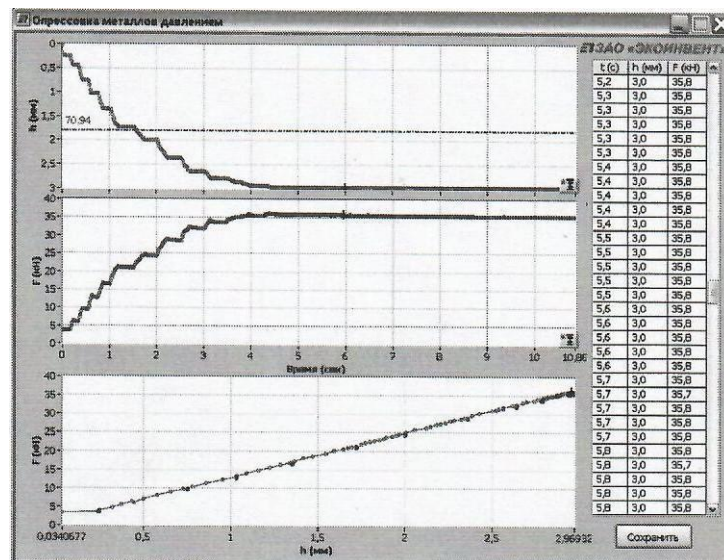


Рисунок 5.1 — Внешний вид программного обеспечения

На третьем, синем, графике будет изображена упругая характеристика пружины. Нагрузив до заданной силы, и сняв показания с датчика перемещения, пружину необходимо разгрузить, вращая штурвал против часовой стрелки.

Результаты измерений занести в таблицу 6.2 (первое нагружение).

4. Разгрузить пружину. Повторить опыт. Результаты измерений занести в таблицу 6.2 (второе нагружение).

5. Для каждого нагружения определить разность отсчётов ΔA - осадку пружины, соответствующую ступени нагружения. Вычислить среднее значение осадки пружины для каждого нагружения и результаты занести в таблицу 6.2. По результатам двух нагружений определить среднее значение осадки пружины, приходящееся на ступень нагружения. Результат занести в таблицу 6.2 и табл. 6.4.

6. Пункты 2 - 5 проделать для второй пружины. Результаты измерений занести соответственно в табл. 6.3 и табл. 6.4.

7. По формулам (6.1) и (6.2) определить теоретические значения осадки и жёсткости для обеих пружин при нагрузках, равных ступеням нагружения эксперимента. Результаты занести в табл. 6.4.

8. По формуле (6.3) вычислить экспериментальные значения жесткости C для обеих пружин. Результаты занести в табл. 6.4.

9. Определить расхождение между теоретическими и экспериментальными значениями осадки и жёсткости обеих пружин в процентах по формулам:

$$\delta_{\lambda} = \frac{|\lambda_{теор} - \lambda_{эксп}|}{\lambda_{теор}} \cdot 100\%; \quad \delta_C = \frac{|C_{теор} - C_{эксп}|}{C_{теор}} \cdot 100\%.$$

Результаты занести в табл. 6.4.

10. По экспериментальным данным первого нагружения для обеих пружин построить графики зависимости осадки λ от силы P .

11. Оформить отчет по прилагаемой форме 6.4.

6. ОБРАЗЕЦ ОТЧЕТА

Исследование характеристик цилиндрических пружин при сжатии

Тема:

Цель работы:

Задачи работы:

Используемое оборудование:

Результаты испытаний и расчетов.

Таблица 6.1 – Параметры исследуемых пружин

№	Наименование параметров	Пружина №1	Пружина №2
1	Материал проволоки		
2	Наружный диаметр пружины D_H (мм)		
3	Внутренний диаметр пружины D_B (мм)		
4	Средний диаметр пружины D (мм)		
5	Диаметр проволоки d (мм)		
6	Число витков n		

Таблица 6.2 Результаты измерений осадки пружины №1

№	Нагрузка P (кг, Н)	первое нагружение		второе нагружение	
		отсчет A (мм)	разность отсчетов ΔA (мм)	отсчет A (мм)	разность отсчетов ΔA (мм)
0					
1					
2					
3					
Среднее значение осадки для каждого нагружения		$\lambda_1 = \Delta A_{cp} =$		$\lambda_2 = \Delta A_{cp} =$	
Среднее значение осадки на ступень нагружения		$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$			

Таблица 6.3 – Результаты измерений осадки пружины №2

№	Нагрузка P (кг, Н)	первое нагружение		второе нагружение	
		отсчет A (мм)	разность отсчетов ΔA (мм)	отсчет A (мм)	разность отсчетов ΔA (мм)
0					
1					
2					
3					
Среднее значение осадки для каждого нагружения		$\lambda_1 = \Delta A_{cp} =$		$\lambda_2 = \Delta A_{cp} =$	
Среднее значение осадки на ступень нагружения		$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$			

1. Определение теоретических значений осадки и жёсткости пружин №1 и №2 (формулы (6.1) и (6.2)).
2. Определение экспериментального значения жёсткости пружин №1 и №2 (формула (6.3)).
3. Сравнение экспериментальных и теоретических значений

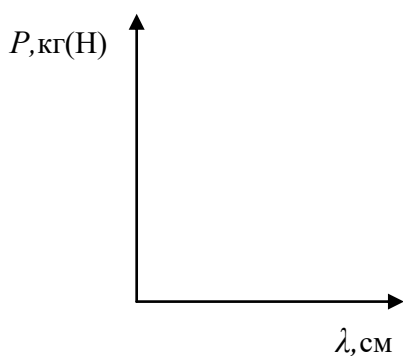
$$n = \frac{\Delta \lambda_{он} - \Delta \lambda_{теор}}{\Delta \lambda_{он}} 100\%.$$

Таблица 6.4

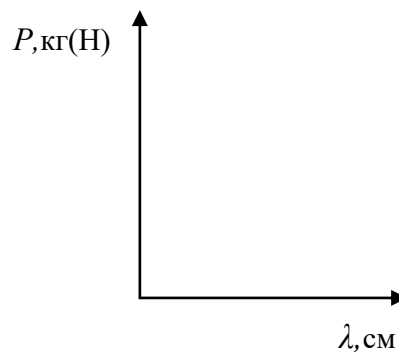
Характеристики пружины	Пружина №1			Пружина №2		
	Теор.	Эксп.	Расхожд. в%	Теор.	Эксп.	Расхожд. в%
Осадка пружины λ на ступень нагружения (см)						
Жёсткость C (кг/см, Н/см)						

4. Графики зависимости осадки λ от силы P

Пружина №1



Пружина №2



5. Выводы

Примечание: в выводах необходимо отметить следующее:

как зависит осадка пружины от внешней нагрузки;

какие основные характеристики пружины определены в работе;

каковы расхождения между экспериментальными и теоретическими значениями осадки и жёсткости пружин и чем эти расхождения можно объяснить.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется пружиной? В каких машинах и приборах их используют?

2. Какие классификации пружин существуют?
3. В чем состоит сущность испытания пружины на сжатие?
4. Дайте определение модуля сдвига.
5. Чему равен модуль упругости для стали?
6. Что понимают под осадкой пружины и как она определяется?
7. Что называют характеристикой пружины?
8. Как построить график экспериментальной характеристики пружины?
9. Изменяется ли средний диаметр пружины при ее деформации?
10. Опишите полученный график зависимости $\lambda = f(P)$.
11. Что такое упругая характеристика, и какая она бывает?
12. Что такое жесткость?
13. Что такое чувствительность?
14. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях витых цилиндрических пружин растяжения (сжатия) при их нагружении?
15. Каковы основные параметры цилиндрических спиральных пружин?
16. Как зависят осадка и жесткость пружин от ее конструктивных размеров и упругих свойств материала пружины?

ЛИТЕРАТУРА

1. Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения : ГОСТ 116118-70.
2. Александров, А.В. Сопротивление материалов / А.В. Александров. – М. : Высш. шк., 2000
3. Афанасьев, А.М. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов /А.М. Афанасьев. – М. : Наука, 1975.
4. Первицкий, Л.В. Механика материалов : учеб.-метод. комплекс для студентов машиностроит. специальностей. В 4 ч. Ч. 2 / Л.В. Первицкий. – Новополоцк : ПГУ, 2009.
5. Инструкция по эксплуатации МИП-100-2. – М. : 17 с.
6. Рудицын, Н.М. Справочное пособие по сопротивлению материалов /Н.М. Рудицын, П.Я. Артемов, М.И. Любошиц. – Минск : Выш. шк., 1970. – 630 с.