

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»



А. В. Межнина

## ИСПЫТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ НА СЖАТИЕ

Методические указания  
к лабораторной работе по сопротивлению материалов  
для студентов строительных, технологических  
и машиностроительных специальностей

Новополоцк  
ПГУ  
2015

УДК 539.3/.4(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией факультета машиностроения и автомобильного транспорта в качестве методических указаний (протокол № 3 от 24.03.2015)

Кафедра прикладной механики и графики

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

доц., канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной механики и графики УО «ПГУ»  
В. Ф. КОРЕНСКИЙ;  
асс. кафедры прикладной механики и графики УО «ПГУ»  
С. В. ЯКУБОВСКАЯ

Предназначены для студентов специальностей: 1-70 05 01 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»; 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»; 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»; 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»; 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»; 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства»; 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»; 1-36 01 07 «Автосервис».

© Межнина А. В., 2015  
© УО «ПГУ», 2015

## Лабораторная работа

### ИСПЫТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ НА СЖАТИЕ

Пружина – деталь машины или механизма, служащая для временно-го 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 навивки 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

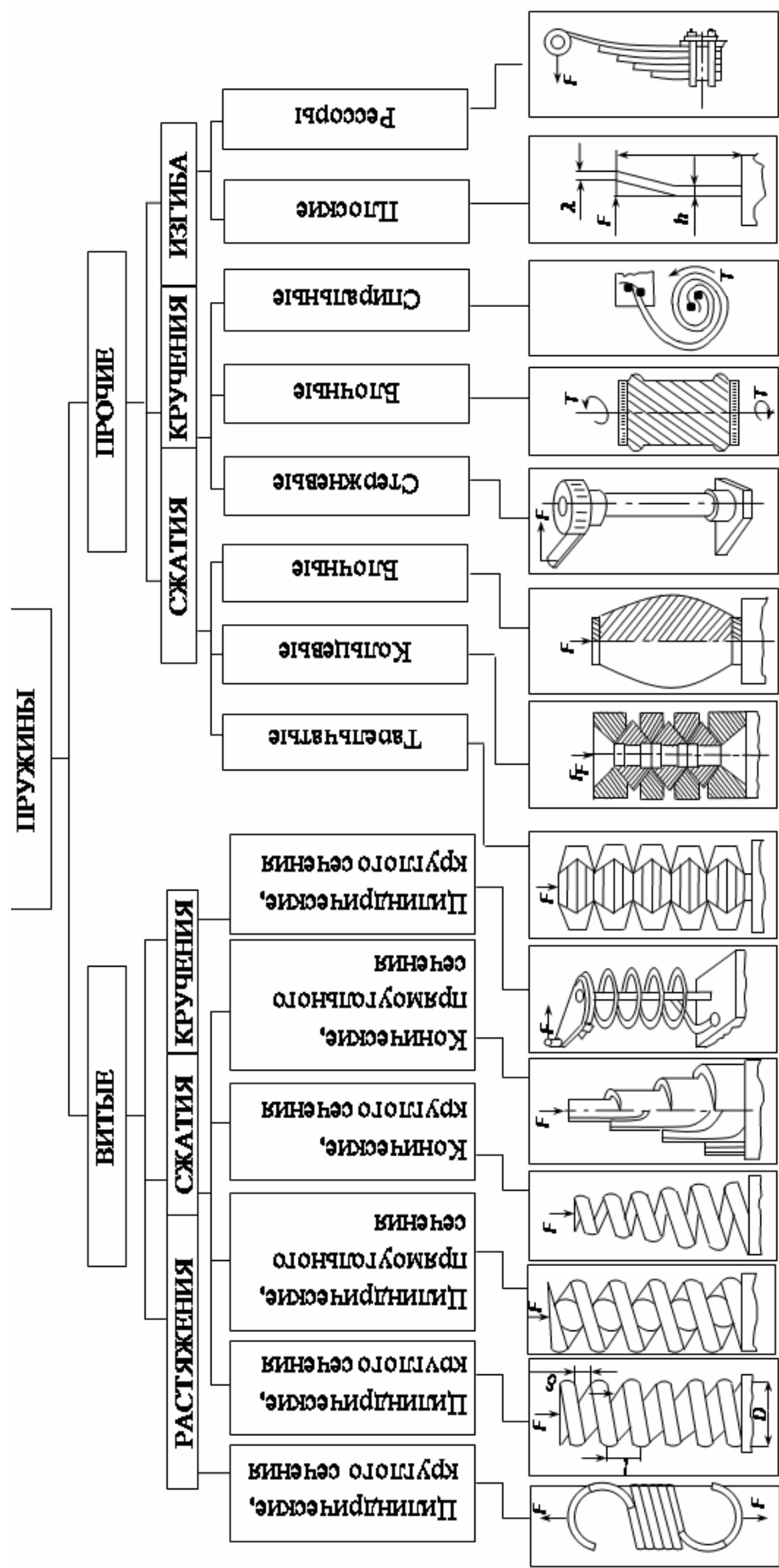
По форме и конструкции пружины бывают витые, цилиндрические, конические, тарельчатые, кольцевые, стержневые, блочные, спиральные, плоские, рессоры.

По виду нагружения различают пружины растяжения, сжатия, кручения и изгиба.

Примерная классификация пружин по указанным признакам приведена на рис. 1.

В различных машинах и конструкциях применяют винтовые цилиндрические пружины (рис. 2) 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.



Теоретическое приращение деформации осадки такой винтовой цилиндрической пружины под действием осевой сжимающей нагрузки  $\Delta P$  определяют по формуле

$$\Delta\lambda = \frac{8\Delta P D^3 n}{G d^4}, \quad (1)$$

где  $D$  – 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.

При выводе формулы (1) учитывалось только действие крутящего момента, не принимались во внимание такие факторы, как кривизна скручиваемого стержня пружины, наклон витков, наличие поперечной силы и др. Поэтому формула (1) приближенная. Результаты испытаний должны показать степень справедливости принятых гипотез и пригодности данной формулы для практических расчетов.

Из этой же формулы после экспериментального подтверждения осадки  $\Delta\lambda$  можно определять значение модуля сдвига:

$$G = \frac{8\Delta P_{cp} D^3 n}{\Delta\lambda_{cp} d^4}. \quad (2)$$

## Описание лабораторной работы

### Цель работы

Освоить методику испытаний цилиндрической винтовой пружины на сжатие.

### Задание

1. Изучить методику проведения испытаний на сжатие.
2. Построить зависимость деформации пружины от осевой нагрузки.
3. Определить модуль сдвига (модуля упругости второго рода)  $G$ .
4. Сопоставить полученную осадку пружины в ходе эксперимента с расчетной.
5. Проанализировать полученные результаты.

## Оборудование, инструменты, образцы

1. Винтовая цилиндрическая пружина сжатия (рис. 1).

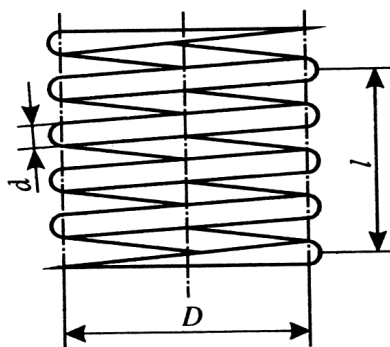


Рис. 2. Пружина сжатия винтовая цилиндрическая

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. 3).

3. Машина для статических испытаний винтовых пружин на растяжение и сжатие, плоских пружин на изгиб и разбраковки указанных пружин в производственных условиях МИП-100-2 (рис. 4).

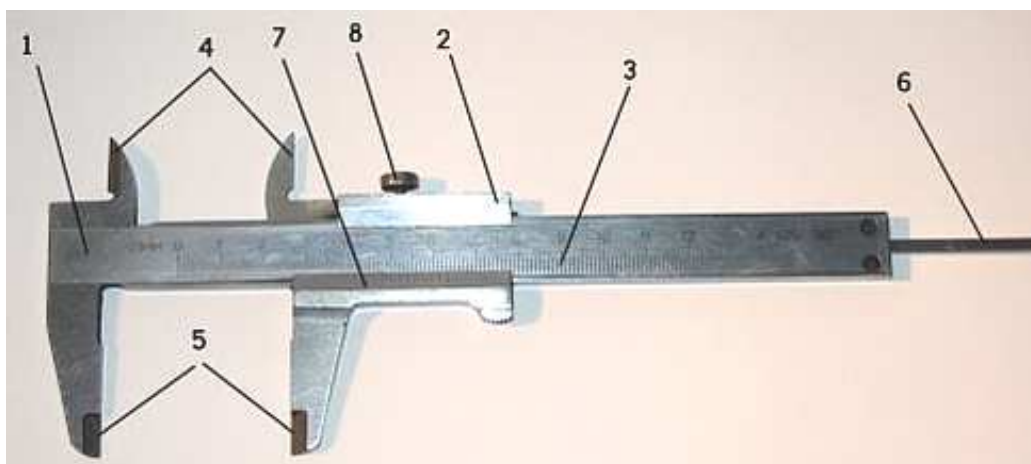


Рис. 3. Штангенциркуль ШЦ-I:

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



Рис. 4. Общий вид машины для статических испытаний пружин МИП-100-2

### **Порядок выполнения работы**

Испытаниям подвергают цилиндрическую пружину сжатия (см. рис. 2). На ней при помощи кернов отмечается расчетная длина, включающая  $n$  витков (рабочие витки с фрезерными концами для установки не учитываются). Измерение геометрических размеров пружины и ее осадки производят штангенциркулем с диапазоном 0 ... 300 мм.

Испытание производится на испытательной машине МИП-100-2 со сжимающим усилием от 50 кН и выше. Пружина устанавливается между траверсой и нижней плитой машины в специальное приспособление, исключающее перекося пружины при сжатии.

Работа проводится в следующей последовательности:

1. Измерить и занести в журнал лабораторных работ необходимые размеры пружины  $D$  (мм),  $d$  (мм), число рабочих витков  $n$ , длину  $l$  (мм). Определить материал и записать для него модуль упругости  $G$  (для стали среднее значение  $G = 8 \times 10^4$  МПа). Установить пружину на соответст-

вующие опоры между траверсой и нижней плитой машины. Провести первое нагружение  $P_1$  (рис. 5).

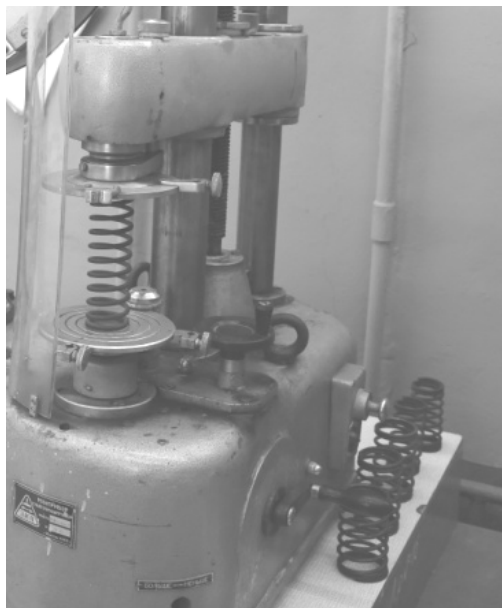


Рис. 5. Положение пружины в машине МИП-100-2 при испытании

2. Затем, давая одинаковые приращения нагрузки 100 кН, произвести 5 – 6 нагружений. Использовать шкалу испытательной машины (рис. 6).



Рис. 6. Шкала измерения МИП-100-2 нагружения винтовой цилиндрической пружины сжатия

4. После каждого нагружения значение нагрузки определять по шкале на пульте управления испытательной машины, а величину осадки измерять линейкой.

5. По окончании измерения пружину разгрузить.



## Правила техники безопасности

1. Лабораторные работы проводятся под наблюдением преподавателя или лаборанта.
2. Все механические испытания материалов проводятся учебно-вспомогательным персоналом на испытательных машинах.
3. Все измерения образцов, необходимые для выполнения лабораторных испытаний, проводятся до установки их в захваты испытательных машин. Измерения образцов после испытания можно производить только после снятия последних с машины. Для визуального осмотра результатов испытаний можно подходить к машине только с разрешения преподавателя.
4. По окончании работы выключить оборудование и привести рабочую установку в первоначальный вид.

### Обработка результатов и заполнение протокола испытания

1. Определить теоретическое приращение деформации пружины по формуле (1).
2. Определить опытное среднее значение приращения деформации по формуле

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2 + \Delta\lambda_3 + \Delta\lambda_4 \dots + \Delta\lambda_n}{n}. \quad (3)$$

#### Протокол испытания пружины на сжатие

№ пп	Нагрузка $P$ , кН	Приращение нагрузки $\Delta P$ , кН	Осадка пружины $\lambda$ , мм	Приращение осадки $\Delta\lambda$ , мм
1				
2				
3				
4				
5				
6				

3. Определить значение модуля сдвига по формуле (2).
4. Построить график зависимости между нагрузками и деформациями  $\lambda = f(P)$ , называемый характеристикой пружины.

5. Рассчитать расхождение теоретических и опытных результатов по формуле

$$n = \frac{\Delta\lambda_{on} - \Delta\lambda_{теор}}{\Delta\lambda_{on}} 100\% . \quad (4)$$

6. Сделать выводы о полученных результатах.

### 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  $\lambda = f(P)$ .

### 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. : Вышш. 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 : Вышш. шк., 1970. – 630 с.

*Учебное издание*

МЕЖНИНА Алла Владимировна

ИСПЫТАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ  
НА СЖАТИЕ

Методические указания  
к лабораторной работе по сопротивлению материалов  
для студентов строительных, технологических  
и машиностроительных специальностей

Редактор *Т. А. Дарьянова*

---

Подписано в печать 09.09.15. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 0,47. Уч.-изд. л. 0,38. Тираж 40 экз. Заказ 1134.

---

Издатель и полиграфическое исполнение –  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.14.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.