

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "КОСТРОМСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ"

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра "Строительные конструкции"

**А.В. Орехов, М.И. Красавина**

## **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**



Рабочая тетрадь для студентов по дисциплине  
«Сопроотивление материалов»

для студентов инженерно-технологического факультета направления  
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов  
очной, очно-заочной и заочной форм обучения

Факультет \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

Студент(ка) \_\_\_\_\_

УДК 539.3

ББК 30.121

С 64

*Составители: к.т.н., доцент кафедры строительные конструкции А.В. Орехов, старший преподаватель кафедры строительные конструкции Красавина М.И.*

*Рецензенты: к.т.н., доцент кафедры ремонт и основы конструирования С.В. Жукова*

*Рекомендовано к изданию методической комиссией  
архитектурно-строительного факультета,  
протокол №4 от 15 июня 2021 года.*

**Соппротивление материалов.** Рабочая тетрадь для студентов по дисциплине «Соппротивление материалов» для студентов инженерно-технологического факультета направления 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной, очно-заочной и заочной форм обучения/ сост. А.В. Орехов, М.И. Красавина. — Караваево: Костромская ГСХА, 2021. — 40 с.

Издание содержит описание лабораторных работ и контрольные работы к ним. В тетради использованы работы сотрудников кафедры сопротивление материалов и графика Е.Н. Афанасьев, В.А. Долгоруков.

УДК 539.3

ББК 30.121

© ФГБОУ ВПО Костромская ГСХА, 2021

© А.В. Орехов, М.И. Красавина составление, 2021

© РИО КГСХА, оформление, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа № 1. Испытание стали на растяжение.....	5
Лабораторная работа № 2. Испытание чугуна на сжатие .....	8
Лабораторная работа № 3. Испытание древесины на сжатие вдоль волокон.	10
Лабораторная работа № 4. Испытание древесины на смятие поперек волокон .....	12
Лабораторная работа № 5. Испытание на кручение стального цилиндрического образца .....	14
Лабораторная работа № 6. Определение осадки винтовой цилиндрической пружины.....	18
Лабораторная работа № 7. Испытание материала на ударную вязкость .....	21
Лабораторная работа № 8. Определение деформаций балки при изгибе .....	23
Лабораторная работа №9 Испытание двухопорной балки на изгиб .....	26
Лабораторная работа № 10. Испытание на растяжение пластических масс полученных 3D печатью .....	30
Лабораторная работа № 11. Испытание на сжатие пластических масс полученных 3D печатью .....	32
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	34
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	40

## Введение

Подготовка специалистов в 21-ом веке предполагает получение не только фундаментальных знаний по общим и специальным разделам математики и механики, но и освоение современных компьютерных технологий, применяемых при решении прикладных задач.

Дисциплина «Сопротивление материалов» изучает поведение различных материалов при воздействии на них сил и указывает, как подобрать для каждого элемента конструкции надлежащий материал и поперечные размеры при условии надежной работы и наибольшей дешевизны конструкции.

Второй основной задачей дисциплины в решении обратной задачи – проверки достаточности размеров для уже существующей или проектируемой конструкции.

Широкое развитие ПЭВМ позволяет уменьшить расходы на создание новой техники и значительно сократить время на ее производство.

При проектировании конструкций, машин и механизмов необходимо знать значения величин, характеризующих прочностные и деформационные свойства материалов. Их можно получить путем механических испытаний, проводимых в экспериментальных лабораториях на соответствующих испытательных машинах.

Настоящее пособие является руководством для проведения лабораторных занятий, подготовки к ним и самостоятельной работы. Наряду со стандартным содержанием большое внимание уделено новым задачам и методам.

## Лабораторная работа № 1. Испытание стали на растяжение.

Цель работы: научиться определять предел прочности  $\sigma_B$  ( $\sigma_{пч}$ ), предел пропорциональности  $\sigma_{пц}$ , предел текучести  $\sigma_m$ , относительное удлинение  $\delta\%$  и относительное сужение  $\psi\%$  металлических конструкционных материалов.

Оборудование, приборы, инструмент: универсальная испытательная машина УМ-5; штангенциркуль; микрометр 0-25 мм; измерительная линейка; образцы для испытания на растяжение, изготовленные согласно ГОСТ.

I. Выполнить эскиз образца (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Эскиз образца

II. Заполнить протокол испытания образца.



II. Заполнить протокол испытания образца.

III. Приложить к протоколу диаграмму растяжения в осях  $p$  и  $\Delta l$ .

IV. Выполнить эскиз образца после разрушения (рис. 1.2).

Рис. 1.2. Эскиз образца после разрушения

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 2. Испытание чугуна на сжатие

*Цель работы:* научиться определять предел прочности при сжатии  $\sigma_{в(пч)}$  и относительное укорочение образца  $\delta(\%)$ .

Оборудование приборы, инструмент: универсальная испытательная машина типа УМ-5; микрометр 0-25 мм; образец из серого чугуна для испытания на сжатие, изготовленный в соответствии с ГОСТ.

I. Привести схему нагружения образца (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Схема нагружения образца:

1 — образец; 2 — опора с шаровой поверхностью; 3 — опорная подушка (верхняя)

II. Выполнить эскиз образца до и после испытания (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Эскиз образца до (1) и после (2) испытания

III. Заполнить протокол испытания образца.



# ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины \_\_\_\_\_

Шкала \_\_\_\_\_ Цена деления \_\_\_\_\_

Материал образца \_\_\_\_\_

Скорость нагружения \_\_\_\_\_

№ испытания	Размеры образца до испытания			Разрушающая нагрузка	Р <sub>b</sub> (пч)	Предел прочности при сжатии σ <sub>в</sub> (ПЧ)	Высота после испытания h	Относительное укорочение δ	Примечания
	диаметр d <sub>0</sub>	площадь поперечного сечения F <sub>0</sub>	Начальная высота h						
	м	мм <sup>2</sup>	мм						

- Примечания:
1. Замер диаметра образца провести с точностью до 0,01мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях и среднее значение диаметра записать в протокол испытаний.
  2. Замер высоты образца до и после испытания произвести с точностью до 0,01 мм.
  3. Вычисление площади поперечного сечения F<sub>0</sub> произвести с точностью до 0,01 мм<sup>2</sup>.
  4. Вычисление относительного укорочения образца при сжатии δ произвести с точностью до 0,5 %. При этом доли до 0,25% отбрасывают, а доли в 0,25% и более принимают за 0,5%.
  5. Осмотреть место излома образца и обнаруженные дефекты (газовые пузыри, раковины, неметаллические включения и прочее) записать в протокол испытания.
  6. К протоколу испытания приложить диаграмму испытания в осях Р и Δh.

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

# Лабораторная работа № 3. Испытание древесины на сжатие вдоль волокон

*Цель работы:* научиться определять предел прочности  $\sigma_{BW}$  древесины при сжатии вдоль волокон.

Оборудование, приборы, инструмент: универсальная испытательная машина типа УМ-5; штангенциркуль; образец древесины размером  $a \times b \times h$  (высота  $h$  вдоль волокон).

I. Привести схему нагружения образца и его аксонометрическое изображение (рис. 3.1).

Рис. 3.1. Схема нагружения (1) образца и его аксонометрическое изображение (2)

II. Выполнить эскиз образца после испытания (рис. 3.2).

Рис. 3.2. Эскиз образца после испытания

III. Заполнить протокол испытания образца.

# ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины \_\_\_\_\_

Шкала \_\_\_\_\_ Цена деления \_\_\_\_\_

Материал образца \_\_\_\_\_

Скорость нагружения \_\_\_\_\_

№ испытания	Размеры поперечного сечения образца до испытания		Площадь поперечного сечения образца до испытания $F_{сж}$	Разрушающая нагрузка $R_{всж}$	Предел прочности на сжатие при фактической влажности древесины $\sigma_{всж}$	Примечания
	a	b				
	мм	мм				
			м	Н	МПа	

Примечания: 1. Измерение размеров a, b, h произвести с точностью до 0,1 мм, вычисление поверхности смятия образца F с точностью до 0,1 мм.  
 2. К протоколу испытания приложить диаграмму испытания в осях нагрузка-деформация.

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 4. Испытание древесины на смятие поперек волокон

*Цель работы:* научиться определять условный предел прочности  $\sigma_{\text{вн}}$  при смятии древесины поперек волокон.

Оборудование, приборы, инструмент: универсальная испытательная машина типа УМ-5; штангенциркуль; образец древесины размером  $a \times b \times h$ ; призма стальная шириной  $b$ .

- I. Привести схему нагружения образца и его аксонометрическое изображение (рис. 4.1).

Рис. 4.1. Схема нагружения образца и его аксонометрическое изображение:

1 — призма стальная; 2 — образец

- II. Заполнить протокол испытания образца.

# ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины \_\_\_\_\_

Шкала \_\_\_\_\_ Цена деления \_\_\_\_\_

Материал образца \_\_\_\_\_

Скорость нагружения \_\_\_\_\_

№ испытания	Размеры образца до испытания		Ширина стальной призмы b	Поверхность смятия образца, $F=a \times b$	Условная разрушающая нагрузка $R_b$ (сМ)	Нагрузка соответствующая пределу пропорциональности $R_{пл}$	Предел пропорциональности $\sigma_{пл}$	Условный предел прочности на смятие при фактической влажности древесины	Примечания
	Ширина образца a	Высота образца h							
	м	м							

Примечания: 1. Измерение размеров a, b, h произвести с точностью до 0,1 мм, вычисление поверхности смятия образца F с точностью до 0,1 мм.  
 2. К протоколу испытания приложить диаграмму испытания в осях нагрузка-деформация.

III. Выполнить схему образца после разрушения (рис. 4.2).

Рис. 4.2. Схема образца после разрушения

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 5. Испытание на кручение стального цилиндрического образца

*Цель работы:* научиться опытным путем проверять применимость закона Гука при кручении, определять механические характеристики стали: модуль сдвига  $G$ , предел пропорциональности  $\sigma_{пц}$ , предел прочности  $\sigma_{в}$ .

Оборудование, приборы, инструмент: испытательная машина типа КМ-50; 2014 МК-50 с экстензометром; штангенциркуль; микрометр 0-25 мм; чертилка; цилиндрический стальной образец.

I. Привести схему нагружения и эскиз образца (рис. 5.1).

Рис. 5.1. Схема нагружения (1) и эскиз образца (2)

II. Заполнить протокол испытания образца.







- Примечания:
1. Замер диаметра образца произвести с точностью до 0,01 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях и среднее значение диаметра  $d$  занести в протокол испытания.
  2. Расчетную длину образца измерить с точностью до 1,0 мм.
  3. На поверхности образца параллельно образующей провести риску для наблюдения за его скручиванием.
  4. При испытании образца в упругой области пользоваться экстензометром.
  5. Установить причину разрушения образца. Сравнить полученное опытное значение предела прочности с теоретическим по известному соотношению  $\tau_B(\text{пч}) = 0,5 \sigma_B(\text{пч})$ . Теоретическое значение записать в графе 13 протокола.
  6. К протоколу испытания приложить диаграмму кручения в осях  $M_{\text{кр}}$  и  $\varphi$ , полученную на диаграммном аппарате машины.

III. Выполнить эскиз образца после разрушения (рис. 5.2).

Рис. 5.2. Эскиз образца после разрушения

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 6. Определение осадки винтовой цилиндрической пружины

Цель работы: научиться проверять экспериментально обоснованность теоретической формулы для определения осадки винтовой цилиндрической пружины; проверять экспериментально наличие линейной связи между нагрузкой и деформацией (осадкой) пружины.

Оборудование, приборы, инструмент: испытательная машина УМ-5; штангенциркуль; измерительный циркуль; винтовая цилиндрическая пружина.

I. Выполнить схему нагружения образца (рис. 6.1).

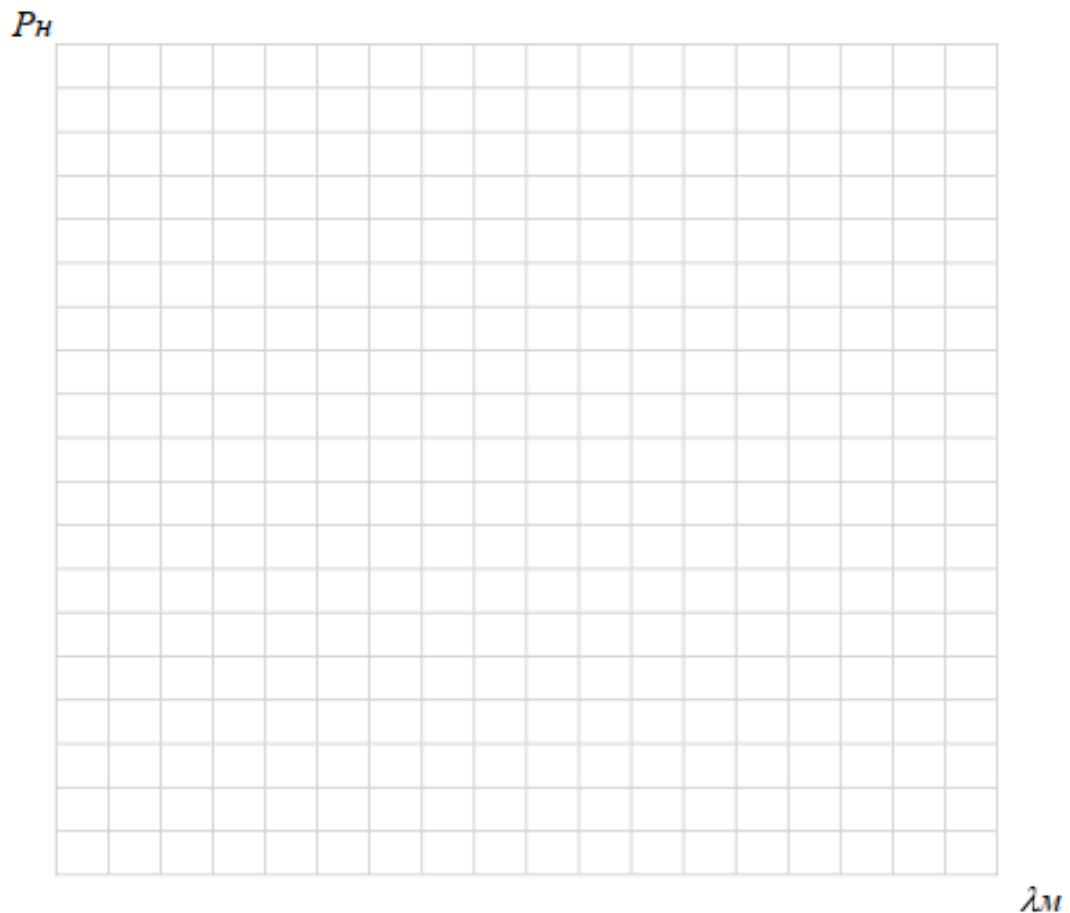
Рис. 6.1. Схема нагружения образца:

1 — образец; 2 — опорная подушка

II. Заполнить протокол испытания образца.



III. Построить по полученным данным диаграмму сжатия пружины (рис. 6.2).



- Примечания:
1. Внутренний диаметр  $D_v$  и наружный  $D_n$  диаметры витка пружины, а также диаметр проволоки измеряют штангенциркулем.
  2. Измерение осадки пружины  $\lambda_{\text{опыт}}$  производить штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.
  3. Если конструктивные особенности испытательной машины не позволяют непосредственно осуществить измерение осадки штангенциркулем, то можно использовать измерительный циркуль совместно со штангенциркулем.

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## **Лабораторная работа № 7. Испытание материала на ударную вязкость**

Цель работы: научиться определять удельную ударную вязкость материала путём испытания надрезанного образца на ударный изгиб.

Оборудование, приборы, инструмент: маятниковый копер ИО5003-0,3; штангенциркуль; стандартный образец из стали для испытания на ударный изгиб, изготовленный согласно ГОСТ.

I. Привести схему нагружения образца и его эскиз (рис. 7.1).

Рис. 7.1. Схема нагружения образца (1) и его эскиз (2)

II. Заполнить протокол испытания образца.

# ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины \_\_\_\_\_

Материал образца \_\_\_\_\_

№ испытания	Ширина образца в месте надреза b	Высота образца в месте надреза h	Площадь поперечного сечения в месте надреза F	Работа излома образца A	Удельная ударная вязкость материала a	Примечания
	м	м	м <sup>2</sup>	Дж	Дж/м <sup>2</sup>	

Примечания: 1. На поверхности образца не должно быть следов механической обработки, выбоин, и др. Надрез должен быть строго перпендикулярен граням.  
2. Замер ширины и высоты ослабленного надрезом сечения производить с точностью до 0,01 мм<sup>2</sup>.  
3. Осмотреть место излома. Замеченные дефекты отметить в графе «Примечания». Испытание считается недействительным, если в изломе обнаружено расслоение материала или трещина.

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

# Лабораторная работа № 8. Определение деформаций балки при изгибе

Цель работы: научиться определять опытным путем величины прогибов и углов поворота сечений балки; сравнивать полученные значения с теоретическими расчетами.

Оборудование, приборы, инструмент: прибор типа СМ-7Б; индикаторы часового типа; штангенциркуль.

I. Привести схему нагружения образца (рис. 8.1).

Рис. 8.1. Схема нагружения образца

II. Выполнить аналитическое определение деформации балки.

Примечания: 1. Для определения прогибов и угла поворота аналитически использовать способ Верещагина.

2. Замер размеров поперечного сечения образца достаточно провести в одном месте балки.

III. Заполнить протокол испытания образца.





# Лабораторная работа №9 Испытание двухопорной балки на изгиб

*Цель работы:* научиться определять опытным путем величину прогибов и углов поворота сечений балки; сравнивать полученные значения прогибов и углов поворота сечений с их теоретическими значениями; производить проверку достоверности теоремы о взаимности работ.

Оборудование, приборы, инструмент: прибор типа СМ-4А; индикатор часового типа; штангенциркуль.

I. Привести схему нагружения балки (рис. 9.1).

Рис. 9.1. Схема нагружения балки  
II. Выполнить аналитический расчет балки.

- Примечания: 1. Для определения прогибов и углов поворота сечений балки использовать универсальное уравнение с начальными параметрами.
2. При проверке теоремы о взаимности работ в точках А и В приложить разные усилия.

III. Заполнить протокол испытания образца.



IV. Выполнить экспериментальное доказательство теоремы о взаимности работ.

№ измерения	Точка приложения нагрузки	Точка, где измеряется перемещение	Нагрузка Р	Показания индикатора	Р×у
			Н	м	Дж
1	1	2		$y_{21} =$	
2	2	1		$y_{12} =$	
3	1	2		$y_{21} =$	
4	2	1		$y_{12} =$	
5	1	2		$y_{21} =$	
6	2	1		$y_{12} =$	

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 10. Испытание на растяжение пластических масс полученных 3D печатью

*Цель работы:* научиться определять предел прочности пластических масс на растяжение и модуль упругости первого рода.

Оборудование, приборы, инструмент: разрывная машина Р50; штангенциркуль; измерительная линейка; образцы для испытания на растяжение, изготовленные согласно ГОСТ.

I. Выполнить эскиз образца, схемы нагружения (рис. 10.1).

Рис. 10.1. Эскиз образца (1), схемы нагружения (2)

II. Выполнить эскиз образца после разрушения (рис. 10.2).

Рис. 10.2. Эскиз образца после разрушения

III. Заполнить протокол испытания образца.

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины \_\_\_\_\_

Шкала \_\_\_\_\_ Цена деления \_\_\_\_\_

Материал образца \_\_\_\_\_

Скорость нагружения \_\_\_\_\_

№ испытания	Размеры образца до испытания				Нагрузка Р	Приращение нагрузки ΔР	Абсолютное удлинение ΔL	Разрушающая нагрузка R <sub>в(пч)</sub>	Предел прочности при растяжении σ <sub>в(пч)</sub>	Модуль упругости, $E = \frac{\Delta P_{cp} \times L}{\Delta L_{cp} \times L}$	
	a	b	L	F							
	м	м	м	м <sup>2</sup>							Н

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 11. Испытание на сжатие пластических масс полученных 3D печатью

*Цель работы:* научиться определять предел прочности при сжатии  $\sigma_{в(пч)}$  и относительное укорочение образца  $\delta(\%)$ .

Оборудование приборы, инструмент: универсальная испытательная машина типа УМ-5; микрометр 0-25 мм; образец из серого чугуна для испытания на сжатие, изготовленный в соответствии с ГОСТ.

I. Привести схему нагружения образца (рис. 11.1).

Рис. 11.1. Схема нагружения образца:

1 — образец; 2 — опора с шаровой поверхностью; 3 — опорная подушка (верхняя)

II. Выполнить эскиз образца до и после испытания (рис. 11.2).

Рис. 11.2. Эскиз образца до (1) и после (2) испытания

III. Заполнить протокол испытания образца.



## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины \_\_\_\_\_

Шкала \_\_\_\_ Цена деления \_\_\_\_\_

Материал образца \_\_\_\_\_

Скорость нагружения \_\_\_\_\_

№ испытания	Размеры образца до испытания				Разрушающая нагрузка $P_b$ (пч)	Предел прочности при сжатии $\sigma_{в(пч)}$	Высота после испытания $h$	Относительное укорочение $\delta$	Примечания
	$a$	$b$	площадь поперечного сечения $F_0$	начальная высота $h$					
	м	м	мм <sup>2</sup>	мм					

- Примечания:
1. Замер диаметра образца произвести с точностью до 0,01 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях и среднее значение диаметра записать в протокол испытаний.
  2. Замер высоты образца до и после испытания произвести с точностью до 0,01 мм.
  3. Вычисление площади поперечного сечения  $F_0$  произвести с точностью до 0,01 мм<sup>2</sup>.
  4. Вычисление относительного укорочения образца при сжатии  $\delta$  произвести с точностью до 0,5%. При этом доли до 0,25% отбрасывают, а доли в 0,25% и более принимают за 0,5%.
  5. Осмотреть место излома образца и обнаруженные дефекты (газовые пузыри, раковины, неметаллические включения и прочее) записать в протокол испытания.
  6. К протоколу испытания приложить диаграмму испытания в осях  $P$  и  $\Delta h$ .

Работу выполнил: \_\_\_\_\_

Работу принял: \_\_\_\_\_

# **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

## **К лабораторным работам № 1**

1. Расскажите об устройстве машины УМ-5.
2. Расскажите об устройстве и принципе действия диаграммного аппарата машины УМ-5.
3. Дайте характеристику основных зон диаграммы растяжения.
4. Что такое предел пропорциональности?
5. Что такое предел упругости?
6. Что такое предел текучести?
7. Что такое условный предел текучести? В каких случаях имеется необходимость в его определении?
8. Что такое предел прочности?
9. Что такое относительное удлинение образца?
10. Что такое относительное сужение образца?

## **К лабораторным работам № 2-4**

1. Расскажите об устройстве машины УМ-5.
2. Расскажите об устройстве и принципе действия диаграммного аппарата машины УМ-5.
3. Охарактеризуйте диаграмму сжатия пластичных материалов.
4. Охарактеризуйте диаграмму сжатия хрупких материалов.
5. Какие материалы называются хрупкими?
6. Какие материалы называются пластичными?
7. Что такое предел прочности?
8. Что такое относительное укорочение образца?

9. При какой деформации, сжатии или растяжении хрупкие материалы имеют больший предел прочности? Привести примеры.
10. Можно ли резко разграничить все материалы на хрупкие и пластичные? Свой ответ подкрепить примерами.

### **К лабораторной работе № 5**

1. Какие образцы называются нормальными?
2. Какое свойство материала характеризует модуль сдвига?
3. Какая зависимость существует между углом закручивания и крутящим моментом?
4. Во сколько раз изменится величина угла закручивания, если диаметр образца уменьшится в 2, 3 или 4 раза?
5. Какими приборами измеряют угол закручивания образца?
6. Какая существует зависимость между тремя упругими постоянными материала?
7. Какую закономерность можно установить, нагружая образец равными ступенями?
8. Что называется жесткостью при кручении?
9. Как распределяются касательные напряжения по поперечному сечению вала?
10. При испытании было установлено, что один образец разрушился при угле закручивания в  $60^\circ$ , а другой — при угле в  $500^\circ$ . Сравнить пластичность испытанных материалов.
11. Что называется пределом пропорциональности?
12. Как вычислить предел прочности по касательным напряжениям?

### **К лабораторной работе № 6**

1. По какой формуле вычисляют осадку цилиндрической винтовой пружины?
2. Как изменится величина осадки пружины, если диаметр проволоки уменьшится в три раза?
3. Как изменится осадка пружины, если увеличить диаметр витков пружины в два раза?
4. Какие факторы не учитываются формулой для подсчета осадки пружины?
5. Какая зависимость существует между осевой нагрузкой и деформацией пружины?
6. Расскажите об устройстве испытательной машины.
7. Какие напряжения возникают в витках цилиндрической винтовой пружины при ее сжатии или растяжении?
8. Что называется коэффициентом жесткости пружины?
9. Какие деформации не учитываются при определении напряжения в пружине?
10. Какое значение осадки должно быть больше: полученное опытным или теоретическим путем?

### **К лабораторной работе № 7**

1. Зависят ли механические характеристики материалов от скорости приложения нагрузки?
2. Что называется удельной ударной вязкостью?
3. Какие требования предъявляют к образцам для испытания?
4. Для чего делают надрез на образце?
5. Как устроен маятниковый копер?

6. Как определить работу, затраченную на разрушение?
7. Когда нужно измерять образец для вычисления площади поперечного сечения: до или после испытания?

### **К лабораторной работе № 8**

1. Что называется упругой линией балки?
2. Как перемещаются поперечные сечения балки при изгибе?
3. Что называется прогибом?
4. Что называется углом поворота?
5. Во сколько раз изменится прогиб балки, если нагрузку уменьшить в 2 раза?
6. Как изменится максимальный прогиб консольной балки, если длина пролета увеличится в 3 раза?
7. Балки изготовлены из стали и чугуна, имеют одинаковые размеры и подвергаются действию одинаковых сил. У какой балки величина прогиба будет больше?
8. С какой точностью можно измерить величину прогиба при помощи индикатора?
9. Что называется жесткостью при изгибе?
10. В каких единицах измеряется модуль упругости  $E$ ?
11. Чему равны осевые моменты инерции прямоугольника относительно его нейтральных осей?
12. Укажите размерность осевого момента инерции.

### **К лабораторной работе № 9**

1. Что называется прямым изгибом?

2. Что называется прогибом?
3. В каких единицах измеряется прогиб?
4. Что называется углом поворота?
5. В каких единицах измеряется угол поворота?
6. Назовите плоскость наименьшей жесткости для балки прямоугольного сечения.
7. Что называется жесткостью при изгибе?
8. Какие свойства характеризует коэффициент  $E$ ?
9. Как читается теорема о взаимности работ? Приведите ее аналитическое выражение.
10. Как можно практически проверить теорему о взаимности перемещений?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Молотников, В. Я. Курс сопротивления материалов: учеб. пособие для студентов и аспирантов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Агроинженерия" / В. Я. Молотников. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 384 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168900>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-0649-4
2. Кузьмин, Л. Ю. Сопротивление материалов: учеб. пособие / Л. Ю. Кузьмин, В. Н. Сергиенко, В. К. Ломунов. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 228 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168995>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-2056-8.
3. Жуков, В. Г. Механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов / В. Г. Жуков. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168406>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-1244-0.
4. Степин, П. А. Сопротивление материалов: учебник для студентов вузов / П. А. Степин. - 13-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 320 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168383>. - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-1038-5. [e.lanbook.com/book/168995](https://e.lanbook.com/book/168995). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-2056-8.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## Справочные данные

1. Модуль продольной упругости стали

$$E = 2 \times 10^6 \text{ кг/см}^2 = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$$

2. Модуль сдвига малоуглеродистой стали

$$G = 8 \times 10^5 \text{ кг/см}^2 = 8 \times 10^4 \text{ МПа}$$

3. Модуль сдвига пружинной стали

$$G = 8,5 \times 10^5 \text{ кг/см}^2 = 8,5 \times 10^4 \text{ МПа}$$

4. Коэффициент Пуассона для стали  $\mu = 0,25$

Между единицами СГС и единицами СИ, применяемыми в сопротивлении материалов, существуют следующие переводные коэффициенты:

– сила: 1 кГс = 10 Н; 1 МН =  $10^6$  Н; 1 тс = 10 кН;

– момент силы: 1 кГс×см = 1 Нм; 1 кГс×м = 10 Нм; 1 тс×м = 10 кНм; –

напряжение: 1 кГ/см<sup>2</sup> =  $9,81 \times 10^4$  Н/м<sup>2</sup> = 0,1 МПа;

$$1 \text{ кГс/мм}^2 = 10 \text{ МПа}; 1 \text{ Н/мм}^2 = 1 \text{ МПа};$$

– длина: 1 см =  $10^{-2}$  м; 1 мм =  $10^{-3}$  м;

– площадь: 1 см<sup>2</sup> =  $10^{-4}$  м<sup>2</sup>;

– энергия упругой деформации: 1 кгс×м = 9,81 Дж;

$$1 \text{ об/мин} = \pi/30 \text{ с}^{-1}.$$

Допускается использование в расчете более укрупненных величин: – кН/м<sup>2</sup> (Килоньютон на квадратный метр);

– МН/м<sup>2</sup> (Меганьютон на квадратный метр);

– ГН/м<sup>2</sup> (Гиганьютон на квадратный метр);

1 Кн =  $10^3$  Н; 1 МН =  $10^6$  Н; 1 ГН =  $10^9$  Н.