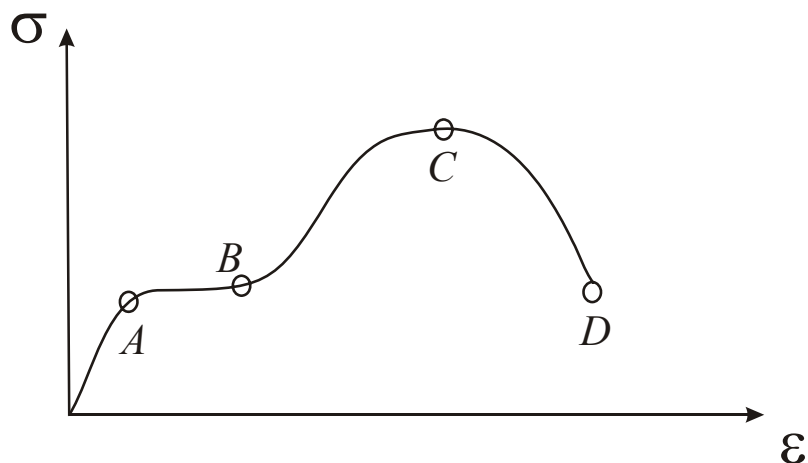


Кафедра сопротивления материалов и графики



СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Рабочая тетрадь
для студентов инженерных специальностей
очной и заочной форм обучения

2-е издание, исправленное

Факультет _____
Курс _____ Группа _____
Студент(ка) _____

УДК 539.3
ББК 30.121
С 64

Составители: сотрудники кафедры сопротивления материалов и графики Костромской ГСХА доцент *Е.Н. Афанасьев*, к.т.н., доцент *В.А. Долгоруков*, доцент *М.И. Красавина*.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры ремонта машин и технологии металлов Костромской ГСХА *А.Е. Курбатов*.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета, протокол № 28 от 30 июня 2008 года.

С 64 **Сопротивление материалов** : рабочая тетрадь для студентов инженерных специальностей очной и заочной форм обучения / сост. Е.Н. Афанасьев, В.А. Долгоруков, М.И. Красавина. — 2-е изд., испр. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 42 с.

Издание содержит описание лабораторных работ и контрольные работы к ним.

Рабочая тетрадь предназначена для студентов специальностей 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», направлений подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» очной и заочной форм обучения.

УДК 539.3
ББК 30.121

© ФГОУ ВПО Костромская ГСХА, 2008
© ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2015, испр.
© Е.Н. Афанасьев, В.А. Долгоруков, М.И. Красавина, составление, 2015
© Оформление, РИО Костромской ГСХА, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Испытание стали на растяжение	5
Лабораторная работа № 2. Испытание на растяжение пластических масс	8
Лабораторная работа № 3. Испытание чугуна на сжатие	10
Лабораторная работа № 4. Испытание древесины на сжатие вдоль волокон	12
Лабораторная работа № 5. Испытание древесины на смятие поперек волокон.....	14
Лабораторная работа № 6. Испытание на кручение стального цилиндрического образца.....	16
Лабораторная работа № 7. Определение осадки винтовой цилиндрической пружины.....	20
Лабораторная работа № 8. Испытание чугуна на изгиб	23
Лабораторная работа № 9. Испытание материала на выносливость ..	25
Лабораторная работа № 10. Испытание материала на ударную вязкость.....	28
Лабораторная работа № 11. Определение деформаций балки при изгибе	30
Лабораторная работа № 12. Испытание двухопорной балки на изгиб	33
Контрольные вопросы.....	37
Список рекомендуемых источников.....	41
Приложение	42

ВВЕДЕНИЕ

Инженерные расчёты на прочность несущих элементов конструкций, сооружений, машин, аппаратов неразрывно связаны с экспериментальным обоснованием адекватности, истинности используемых упрощений, допущений, предположений; с определением несущих свойств элементов конструкций, которые зависят от экспериментально определяемых механических характеристик материалов.

Указанные эксперименты проводятся на стандартном испытательном оборудовании, со стандартными образцами, по стандартизованным методикам.

Настоящая рабочая тетрадь совместно с методическими указаниями к лабораторным работам по курсу «Сопротивление материалов», с лекционным материалом, сайтом кафедры предназначена для освоения той части курса сопротивления материалов, которая связана с определением ряда механических характеристик конструкционных материалов, с обоснованием некоторых базовых предположений. Все лабораторные работы проводятся на оборудовании кафедры.

Для облегчения расчётов в приложении приведены краткие справочные данные по взаимосвязи основных физических величин в системах СИ и СГС.

Лабораторная работа № 1. ИСПЫТАНИЕ СТАЛИ НА РАСТЯЖЕНИЕ

Цель работы: научиться определять предел прочности σ_b (σ_{nc}), предел пропорциональности σ_{nc} , предел текучести σ_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.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____
 Шкала _____ Цена деления _____
 Материал образца _____

Скорость растя- жения	Размеры расчетной части образца до испытания			Нагрузка, соответствующая			Предел пропорциональности σ_m	Предел текучести		Предел прочности σ_e	Длина образца после разрыва L_1	Относительное удлинение δ	Наименьший диаметр образца в месте разрыва d_1	Относительное сужение ψ	При мча ния
	диаметр d_0	площадь поперечного сечения F_0	расчётная длина L_0	пределу пропорциональности R_m	пределу текучести R_m	пределу прочности R_m		физический σ_m	условный $\sigma_{0,2}$						
№ ис- пыта- ния	м	м ²	м	Н	Н	Н	МПа	МПа	МПа	МПа	м	%	м	%	

- Примечания:*
1. Замер диаметра образца d_0 производить с точностью до 0,01 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях в трех сечениях образца (в середине и по концам расчетной длины). Вычислить среднее значение диаметра в каждом сечении и наименьшее значение из трех занести в графу «Диаметр» протокола.
 2. Вычисление площади поперечного сечения F_0 производить с точностью до 0,01 мм² по полученному наименьшему диаметру.
 3. Вычисление относительного удлинения δ и относительного сужения Ψ производить с точностью до 0,5%. При этом доли до 0,25% отбрасывают, а доли 0,25% и более принимают за 0,5%.

III. Приложить к протоколу диаграмму растяжения в осях p и Δl .

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

Рис. 1.2. Эскиз образца после разрушения

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 2. ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

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. 2.1).

Рис. 2.1. Эскиз образца (1), схемы нагружения (2)

II. Выполнить эскиз образца после разрушения (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Эскиз образца после разрушения

III. Заполнить протокол испытания образца.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____

Шкала _____ Цена деления _____

Скорость нагружения _____

Материал образца _____

№ испытания	Размеры образца до испытания				Нагрузка P	Приращение нагрузки ΔP	Абсолютное удлинение ΔL	Разрушающая нагрузка $P_{\sigma(nч)}$	Предел прочности при растяжении $\sigma_{\sigma(nч)}$	Модуль упругости, $E = \frac{\Delta P_{cp} \cdot L}{\Delta L_{cp} \cdot F}$
	a	b	L	F						
	м	м	м	м ²						

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 3. ИСПЫТАНИЕ ЧУГУНА НА СЖАТИЕ

Цель работы: научиться определять предел прочности при сжатии $\sigma_{в(мч)}$ 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. 3.1).

*Рис. 3.1. Схема нагружения образца:
1 — образец; 2 — опора с шаровой поверхностью;
3 — опорная подушка (верхняя)*

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

Рис. 3.2. 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	Размер образца до испытания			Разрушающая нагрузка $P_b(nч)$	Предел прочности при сжатии $\sigma_{с(нч)}$	Высота после испытания h	Относительное укорочение δ	Примечания
	диаметр d_0	площадь поперечного сечения F_0	начальная высота h					
	м	м ²	м					
				Н	МПа	м	%	

- 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 мм².
 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 P и Δh .

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 4.
ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ НА СЖАТИЕ
ВДОЛЬ ВОЛОКОН

Цель работы: научиться определять предел прочности σ_{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. 4.1).

Рис. 4.1. Схема нагружения (1) образца и его аксонометрическое изображение (2)

II. Выполнить эскиз образца после испытания (рис. 4.2).

Рис. 4.2. 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 $P_{всж}$	Предел прочности на сжатие при фактической влажности древесины $\sigma_{всж}$	Примечания
	<i>a</i>	<i>b</i>				
	мм	мм				
		мм ²	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 приложить диаграмму испытания в осях нагрузка – деформация.

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 5.
ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ НА СМЯТИЕ
ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

Цель работы: научиться определять условный предел прочности σ_{ew} 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. 5.1).

*Рис. 5.1. 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	Размер образца до испытания		Ширина стальной призмы b	Поверхность смятия образца, $F = a \cdot b$	Условная разрушающая нагрузка $R_{b(см)}$	Нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности $R_{пч}$	Предел пропорциональности $\sigma_{(пл)}$	Условный предел прочности на смятие при фактической влажности древесины $\sigma_{плч}$	Примечания
	ширина образца a	высота образца h							
	м	м							

- Примечания:*
1. Измерение размеров a и b поперечного сечения образца произвести с точностью до 0,1 мм. Вычисление площади поперечного сечения $F_{см}$ произвести с точностью до 0,1 мм².
 2. К протоколу приложить диаграмму испытания в осях нагрузка – деформация.

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

Рис. 5.2. Схема образца после разрушения

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 6.
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 σ_{mp} , предел прочности σ_b .

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. 6.1).

Рис. 6.1. Схема нагружения (1) и эскиз образца (2)

II. Заполнить протокол испытания образца.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____
 Шкала _____ Цена деления _____
 Материал образца _____
 Диаметр образца _____
 Расчётная длина _____
 Цена деления индикатора экстензометра _____
 Полярный момент сечения $J_p =$ _____
 Полярный момент сопротивления $W_p =$ _____
 Пластический момент сопротивления $W_{pl} =$ _____

№ отчёта	Закручивающий момент $M_{кр}$		Приращение $\Delta M_{кр}$	Угол закручивания ϕ		Приращение $\Delta \phi$	Модуль сдвига (эксперимент), МПа		Модуль сдвига (теор.), МПа		Крутящий момент, соответствующий пределу пропорциональности M_{ni}	Предел пропорциональности, МПа	Максимальный крутящий момент $M_{кр}^{max}$	Временное сопротивление (предел прочности), МПа	Полный угол закручивания ϕ_{max}	Прим.
	Нм	2		дел./рад·10 ⁻³	4		дел./рад·10 ⁻³	6	7	8						
1																13

- 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 $\tau_B (нч) = 0,5\sigma_s(нч)$. Теоретическое значение записать в графе 13 протокола.
 6. К протоколу испытания приложить диаграмму кручения в осях $M_{кр}$ и φ , полученную на диаграммном аппарате машины.

III. Выполнить эскиз образца после разрушения (рис. 6.2).

Рис. 6.2. Эскиз образца после разрушения

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 7.
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. 7.1).

*Рис. 7.1. Схема нагружения образца:
1 — образец; 2 — опорная подушка*

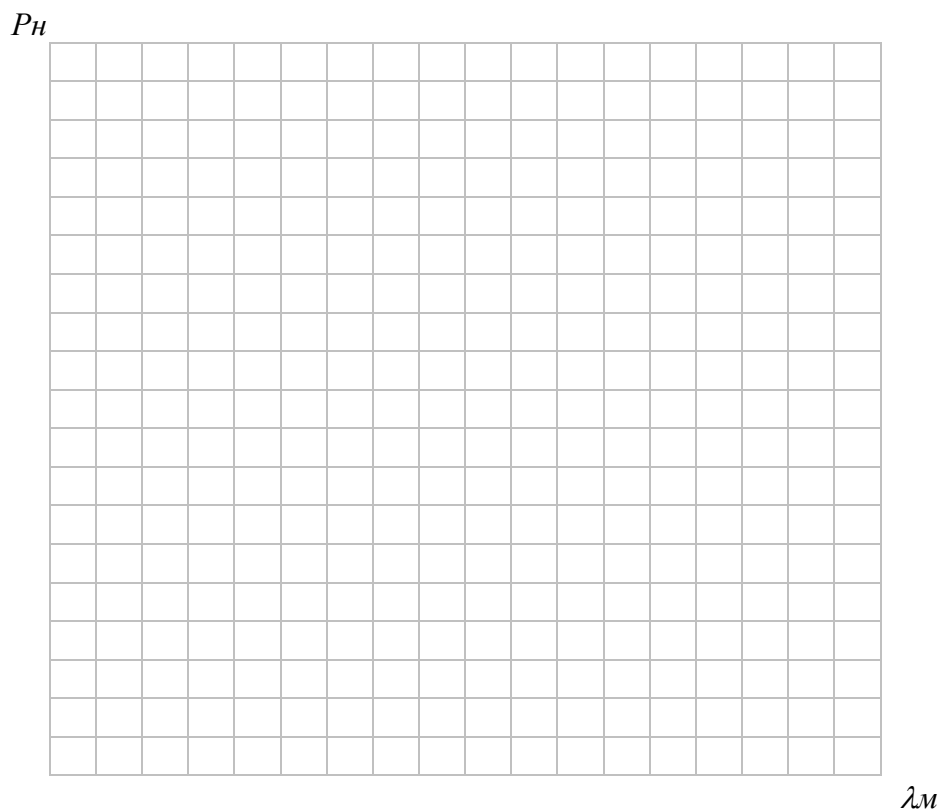
II. Заполнить протокол испытания образца.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____
 Шкала _____ Цена деления _____
 Материал образца _____
 Модуль сдвига _____
 Наружный диаметр D_n витка пружины _____
 Внутренний диаметр витка пружины D_s _____
 Средний диаметр витка пружины _____
 Диаметр проволоки пружины _____
 Расчётное количество витков _____

№ от-счёта	Нагрузка P	Приращение нагрузки ΔP	Осадка λ_{on}	Приращение осадки $\Delta\lambda_{on}$	Приращение осадки теоретическое $\Delta\lambda_{теор}$	Расхождение величины осадки $(\lambda_{on}^{cp} - \Delta\lambda_{теор}) / \Delta\lambda_{теор}$
	Н	Н	м	м	м	%

III. Построить по полученным данным диаграмму сжатия пружины (рис. 7.2).



- Примечания:*
1. Внутренний $D_в$ и наружный $D_н$ диаметры витка пружины, а также диаметр проволоки измеряют штангенциркулем.
 2. Измерение осадки пружины $\lambda_{опыт}$ 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 № 8. ИСПЫТАНИЕ ЧУГУНА НА ИЗГИБ

Цель работы: научиться определять предел прочности чугуна при изгибе и прогиб (стрелу прогиба) f_{max} чугунного образца; познакомиться с условностями механических характеристик чугуна.

Оборудование, приборы, инструмент: универсальная испытательная машина ГМС-20; штангенциркуль; образец для испытания чугуна на изгиб диаметром 30 мм и расчетной длиной 300 мм согласно ГОСТ.

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

Рис. 8.1. Схема нагружения образца

II. Выполнить эскиз образца (рис. 8.2).

Рис. 8.2. Эскиз образца

III. Заполнить протокол испытания образца.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____
 Шкала ____ Цена деления _____
 Скорость нагружения _____
 Материал образца _____

№ испы- таний	Расстоя- ние между опорами L	Диаметр образца d	Предель- ная разру- шающая нагрузка $P_{пч(из)}$	Предел прочно- сти при изгибе $\sigma_{пч(из)}$	Стрела прогиба f_{max}	При- меча- ние
	мм	мм	Н	МПа	мм	

- Примечания:*
1. Образцы чугуна для испытания на изгиб должны быть зачищены, но не обработаны резанием. К испытаниям не допускаются образцы, имеющие дефекты формы (искривления) или поверхности (раковины и т.д.). Отклонение по диаметру образца в любом сечении не должно превышать 1 мм.
 2. Замер диаметра сечения образца в месте разрушения произвести с точностью до 0,1 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях и среднее значение диаметра образца записать в протокол.
 3. Замер прогиба (стрелы прогиба) в момент разрушения образца f_{max} произвести с точностью до 0,1 мм.
 4. Осмотреть место излома образца и обнаруженные дефекты (раковины, газовые поры, неметаллические включения и проч.) записать в графу «Примечания» протокола испытания.

IV. Выполнить эскиз образца после разрушения (рис. 8.3).

Рис. 8.3. Эскиз образца после разрушения

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 9.
ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛА НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

Цель работы: познакомиться с методикой определения предела выносливости при чистом изгибе вращающегося стального образца.

Оборудование, приборы, инструмент: машина МУИ-6000; микрометр 0-25 мм; стандартные образцы из стали для испытания на выносливость, изготовленные согласно ГОСТ.

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

Рис. 9.1. Схема нагружения образца

II. Выполнить эскиз образца (рис. 9.2).

Рис. 9.2. Эскиз образца

III. Заполнить протокол испытания образца.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____

Число оборотов в мин _____

Материал образца _____

Характеристика образца			Нагрузка, $Q = 2P$	Изгибающий момент, $M_{max} = Q \cdot a/2$	Наибольшее напряжение цикла, $\sigma_{max} = M_{max}/W$	Время испытания		Показания счётчика при измерении	Число циклов до конца испытания $N_{баз}$	Примечания
№	диаметр d	осевой момент сопротивления, $W = \pi d^3/32$				начало	конец			
	м	м ³	Н	Нм	МПа					

Примечания: 1. Расстояние от точки приложения силы до ближайшей опоры $d = 100$ мм.

2. Предел выносливости при симметричном цикле изгиба обозначается σ_{-1} .

3. База испытаний (число циклов), при которой определяется предел выносливости, вычисляется по формуле $N_{баз} = t \cdot n \cdot 60$, где t — продолжительность испытания образца, ч, с момента его нагружения до разрушения или до момента прекращения испытания; n — число оборотов, мин, испытываемого образца. Обычно предел выносливости стальных образцов определяют на базе 10^7 циклов.

4. Поверхность образца в пределах расчётной длины не должна иметь следов механической обработки, рисок, царапин и т.д., которые, являясь концентраторами напряжений, значительно снижают предел выносливости. По этой же причине переход от головки образца к его рабочей части должен быть плавным.

5. Диаметр рабочей части образца измерять с точностью до 0,01 мм.

6. Биение установленного в испытательной машине образца не должно превышать 0,03 мм.

7. Для определения предела выносливости в соответствии с ГОСТ испытывают не менее шести образцов.

IV. Построить диаграмму усталости (Велера). Строится в координатах: напряжение σ_{max} — число циклов N .

Работу выполнил: _____

Работу принял: _____

Лабораторная работа № 10.
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. 10.1).

Рис. 10.1. Схема нагружения образца (1) и его эскиз (2)

II. Заполнить протокол испытания образца.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Тип машины _____

Материал образца _____

№ ис- пытания	Ширина образца в месте надреза b	Высота образ- ца в месте надреза h	Площадь попереч- ного сечения в месте надреза F	Работа излома образ- ца A	Удельная удар- ная вязкость материала a	Приме- чания
	м	м	м ²	Дж	Дж/м ²	

- 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 0,1 мм. Вычисление площади — с точностью до 0,01 мм².
 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 № 11.
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. 11.1).

Рис. 11.1. 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.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Работа выполнена на _____
 Материал балки _____
 Модуль упругости _____
 Размеры поперечного сечения _____
 Длина пролёта _____
 Длина балки _____
 Цена деления индикатора экстензометра _____

№ измерения	Нагрузка P	Приращение ΔP	Отсчеты по индикатору			Приращение отсчетов			$\Delta\theta^{cp} = \Delta\theta^{dp} / L$	Теоретические величины			Отклонение, %	Отклонение, %	Отклонение, %	
			y_1	y_2	δ	Δy_1	Δy_2	$\Delta \delta$		Δy_1	Δy_2	$\Delta \theta^r$				
	Н	Н	М	М	М	М	М	М	М	М	М	рад	М	М	М	

Лабораторная работа № 12.
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. 12.1).

Рис. 12.1. 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.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Работа выполнена на _____
 Материал балки _____
 Модуль упругости _____
 Размеры поперечного сечения _____
 Длина пролёта _____
 Цена деления индикатора экстензометра _____
 Длина балки _____

№ измерения	Нагрузка P		Приращение нагрузки ΔP		Отсчеты по индикатору			Приращение отсчетов			Теоретические величины			Отклонение, %		
	Н	Н	Н	Н	y_1	y_2	δ	Δy_1	Δy_2	$\Delta \delta$	Δy_1^T	Δy_2^T	$\Delta \theta^T$	$100(\Delta y_1^T - \Delta y_{1cp}^T) / \Delta y_1^T$	$100(\Delta y_2^T - \Delta y_{2cp}^T) / \Delta y_2^T$	$100(\Delta \theta^T - \Delta \theta_{cp}) / \Delta \theta^T$

IV. Выполнить экспериментальное доказательство теоремы о взаимности работ.

№ измерения	Точка приложения нагрузки	Точка, где измеряется перемещение	Нагрузка P	Показания индикатора	$P \cdot y$
			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: _____

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

К лабораторным работам № 1, 2

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 № 3-5

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 № 6

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° , а другой — при угле в 500° . Сравнить пластичность испытанных материалов.
11. Что называется пределом пропорциональности?
12. Как вычислить предел прочности по касательным напряжениям?

К лабораторной работе № 7

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 № 8

1. Можно ли определить предел прочности пластичного материала при испытании на изгиб?
2. Какие механические характеристики определяют при испытании на изгиб?
3. Какие величины нужно измерить опытным путем, чтобы вычислить предел прочности при изгибе?

4. Как маркируется серый чугун?
5. Какое сечение называется опасным?
6. Укажите положение нейтральной оси для образца при данной схеме нагружения.
7. Как изменится величина предела прочности, если диаметр образца увеличить?
8. Влияет ли на величину предела прочности чугуна длина испытуемого образца?
9. Каким образом определяется стрела прогиба на машине ГМС-20?
10. Что называется пределом прочности чугуна при изгибе?

К лабораторной работе № 9

1. Какое практическое значение имеет испытание материала при переменных напряжениях?
2. Укажите основные факторы, влияющие на прочность материала при переменных напряжениях.
3. Может ли произойти разрушение детали, если она работает при переменных напряжениях, меньших предела текучести?
4. Можно ли по характеру излома образца установить, при каких (постоянных или переменных) напряжениях испытывался образец?
5. Что называется пределом выносливости?
6. Влияет ли на величину предела выносливости диаметр образца?
7. Как строится диаграмма для определения предела выносливости?
8. Могут ли постоянные нагрузки вызывать переменные напряжения в образце?
9. Какой вид изгиба возникает в образцах, испытываемых на машине МУИ-6000? Изобразите эпюру изгибающих моментов.
10. Во сколько раз увеличится напряжение в образце, если нагрузку увеличить вдвое?

К лабораторной работе № 10

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 № 11

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 № 12

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. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. — М. : Наука, 1975.
2. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. — Киев : Наукова думка, 1975.
3. Грязнов И.М., Ленский В.С., Огибалов П.М. и др. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. — М. : Высшая школа, 1964.
4. Рубашкин С.С. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. — М. : Высшая школа, 1978.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочные данные

1. Модуль продольной упругости стали
 $E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
2. Модуль сдвига малоуглеродистой стали
 $G = 8 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$
3. Модуль сдвига пружинной стали
 $G = 8,5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2 = 8,5 \cdot 10^4 \text{ МПа}$
4. Коэффициент Пуассона для стали $\mu = 0,25$

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

- сила: $1 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н}$; $1 \text{ МН} = 10^6 \text{ Н}$; $1 \text{ тс} = 10 \text{ кН}$;
- момент силы: $1 \text{ кгс} \cdot \text{см} \approx 1 \text{ Нм}$; $1 \text{ кгс} \cdot \text{м} \approx 10 \text{ Нм}$; $1 \text{ тс} \cdot \text{м} \sim 10 \text{ кНм}$;
- напряжение: $1 \text{ кг/см}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$;
 $1 \text{ кгс/мм}^2 = 10 \text{ МПа}$; $1 \text{ Н/мм}^2 = 1 \text{ МПа}$;
- длина: $1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$; $1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$;
- площадь: $1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$;
- энергия упругой деформации: $1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$;
 $1 \text{ об/мин} = \pi/30 \text{ с}^{-1}$.

Допускается использование в расчете более укрупненных величин:

- кН/м^2 (Килоньютон на квадратный метр);
 - МН/м^2 (Меганьютон на квадратный метр);
 - ГН/м^2 (Гиганьютон на квадратный метр);
- $1 \text{ Кн} = 10^3 \text{ Н}$; $1 \text{ МН} = 10^6 \text{ Н}$; $1 \text{ гН} = 10^9 \text{ Н}$.

Учебно-практическое издание

Сопротивление материалов : рабочая тетрадь для студентов инженерных специальностей очной и заочной форм обучения / сост. Е.Н. Афанасьев, В.А. Долгоруков, М.И. Красавина. — 2-е изд., испр. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 42 с.

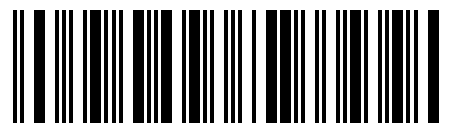
Гл. редактор Н.В. Киселева
Редактор выпуска Т.В. Тарбеева

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34, КГСХА

Компьютерный набор. Подписано в печать 10/08/2015.
Заказ №566. Формат 84х60/16. Тираж 150 экз. Усл.
печ. л. 2,64. Бумага офсетная. Отпечатано 15/10/2015.
Цена 17,00 руб.

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе.
Качество соответствует предоставленным оригиналам.
вид издания: стереотипное (редакция от 25.07.2015 № 710)

Цена 17,00 руб.



2015*566