

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет

Кафедра энергетических средств и технического сервиса

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

для лабораторных работ

по дисциплине

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

для студентов первого курса, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров:

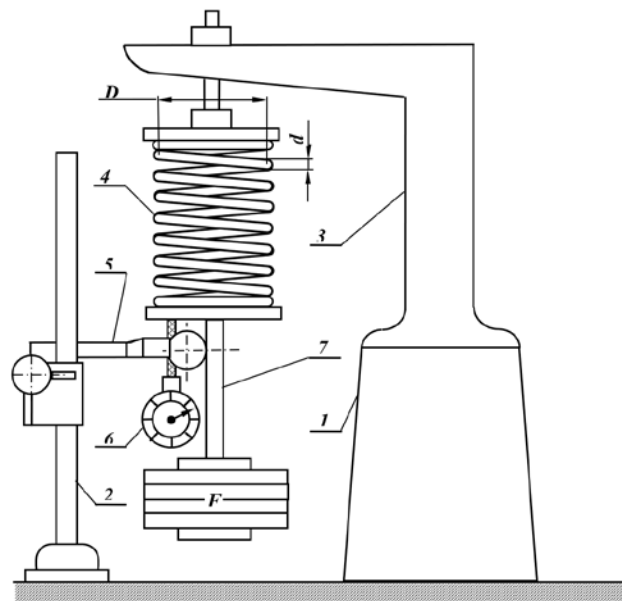
35.03.06 Агроинженерия;

15.03.02 Технологические машины и оборудование;

27.03.01 Стандартизация и метрология;

35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств.

Студент _____ группы _____



Вологда–Молочное
2023

Рабочую тетрадь по дисциплине «Сопротивление материалов» разработали преподаватели кафедры энергетических средств и технического сервиса: старший преподаватель **С.В. Гайдидей**, кандидат экономических наук **Н.И. Кузнецова**, старший преподаватель **И.И. Иванов**.

Р е ц е н з е н т ы :

канд. техн. наук, доцент кафедры энергетических средств
и технического сервиса

А.Л. Бирюков,

канд. техн. наук, доцент кафедры технические системы в агробизнесе

Н.Н. Кузнецов

Рабочая тетрадь по дисциплине «Сопротивление материалов» предназначена для студентов первого курса, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров:

35.03.06 Агроинженерия;

15.03.02 Технологические машины и оборудование;

27.03.01 Стандартизация и метрология;

35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств.

Рабочая тетрадь рассмотрена и рекомендована к изданию на заседании методической комиссии инженерного факультета (протокол № 5 от 24 ноября 2022 г.).

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы являются важной составной частью курса «Сопротивление материалов».

Основными задачами лабораторных работ по сопротивлению материалов являются:

- Изучение механических свойств и характеристик материалов с целью оценки их конструктивных качеств при различных способах нагружения.
- Экспериментальная проверка теоретических положений, полученных при изучении курса «Сопротивление материалов».

При выполнении лабораторных работ студенты изучают конструкцию испытательных машин и приборов, знакомятся с методами испытания и исследования, учатся анализировать полученные данные, делать необходимые выводы.

Студенты должны готовиться к каждому занятию, изучая литературу, указываемую преподавателем. Перед занятием проверяется подготовленность студентов к проведению лабораторных работ.

До выполнения самой лабораторной работы необходимо знать:

- соответствующий теоретический материал, цель работы и методику ее выполнения,
- устройство применяемых машин и приборов.

В процессе выполнения работы студенту необходимо:

- точно соблюдать требования техники безопасности и правила пользования применяемых машин и приборов,
- внимательно относиться к проведению работы, в точном соответствии с методикой и указаниями,
- замеры, записи и наблюдения производить точно и аккуратно,
- уметь анализировать и критически оценивать полученные результаты опытов.

Вычисление производить с точностью до трех значащих цифр.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ УПРУГОСТИ

Эскиз образца с указанием размеров

$l =$ мм
 $b =$ мм
 $h =$ мм
 $A =$ мм²

Схема разрывной машины

Схема тензометра

База тензометра
 $S =$
Коэффициент увеличения
тензометра $k =$
Цена деления
тензометра

Таблица 1 – Журнал наблюдений

Нагрузка $F, Н$		Отсчеты по тензOMETрам в единицах тензOMETра				Относительное удлинение, %	Напряжение, МПа
F	ΔF	B	ΔB	C	ΔC	$\varepsilon = \frac{B + C}{2 \cdot k \cdot S} \cdot 100$	$\sigma = \frac{F}{A}$
$\Delta F_{cp} =$		$\Delta B_{cp} =$		$\Delta C_{cp} =$			

Среднее приращение деформации

$$\Delta_{cp} = \frac{(\Delta B_{cp} + \Delta C_{cp})}{2} = \text{ед. тенз.}$$

Среднее абсолютное удлинение

$$\Delta l_{cp} = \frac{\Delta_{cp}}{k} = \text{мм.}$$

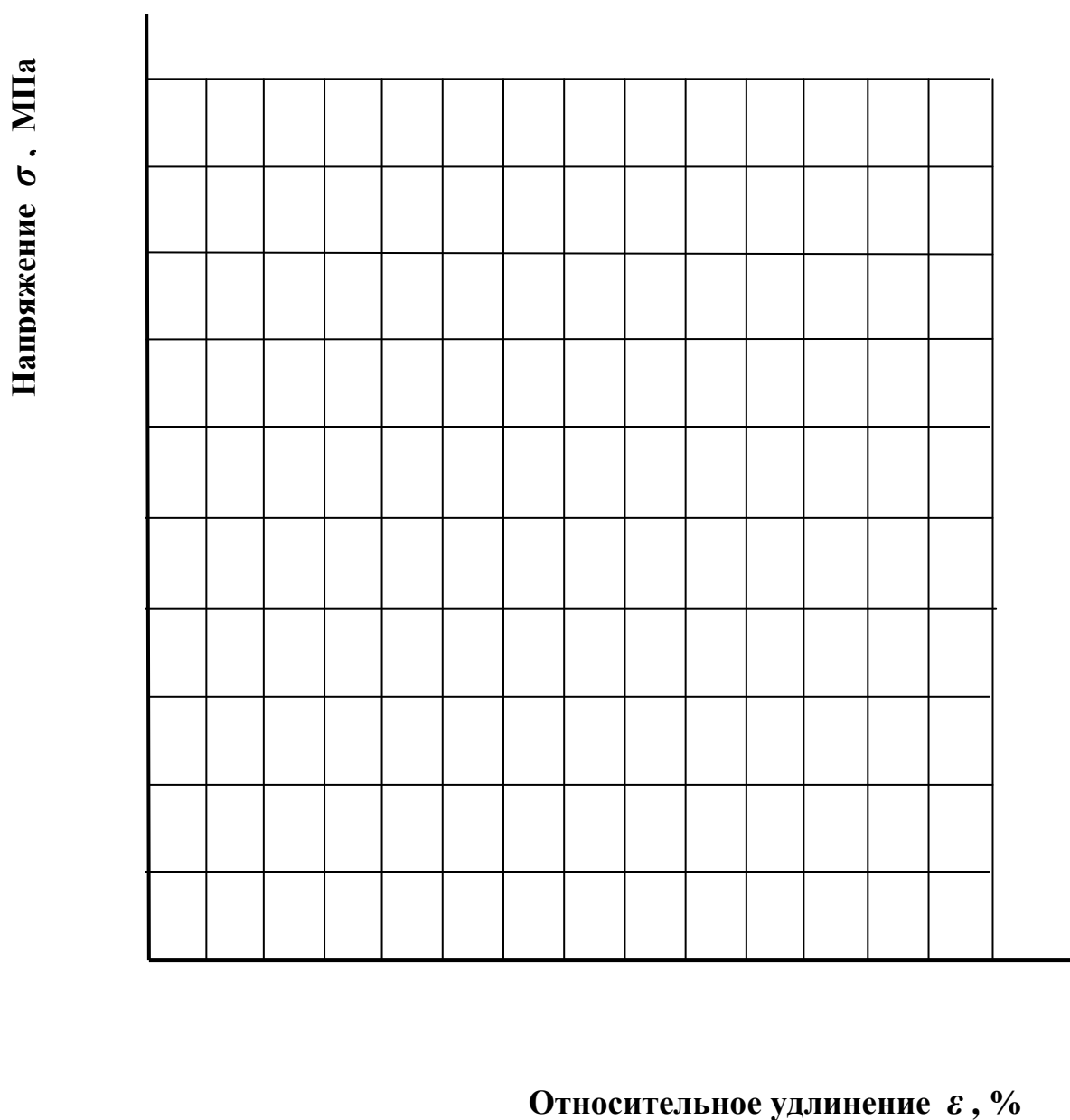
Модуль продольной упругости

$$E = \frac{\Delta F_{cp} \cdot S}{\Delta l_{cp} \cdot A} = \text{МПа.}$$

Табличная величина модуля продольной упругости

$$E_{ТАБЛ} = \text{МПа.}$$

График, иллюстрирующий закон Гука



Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

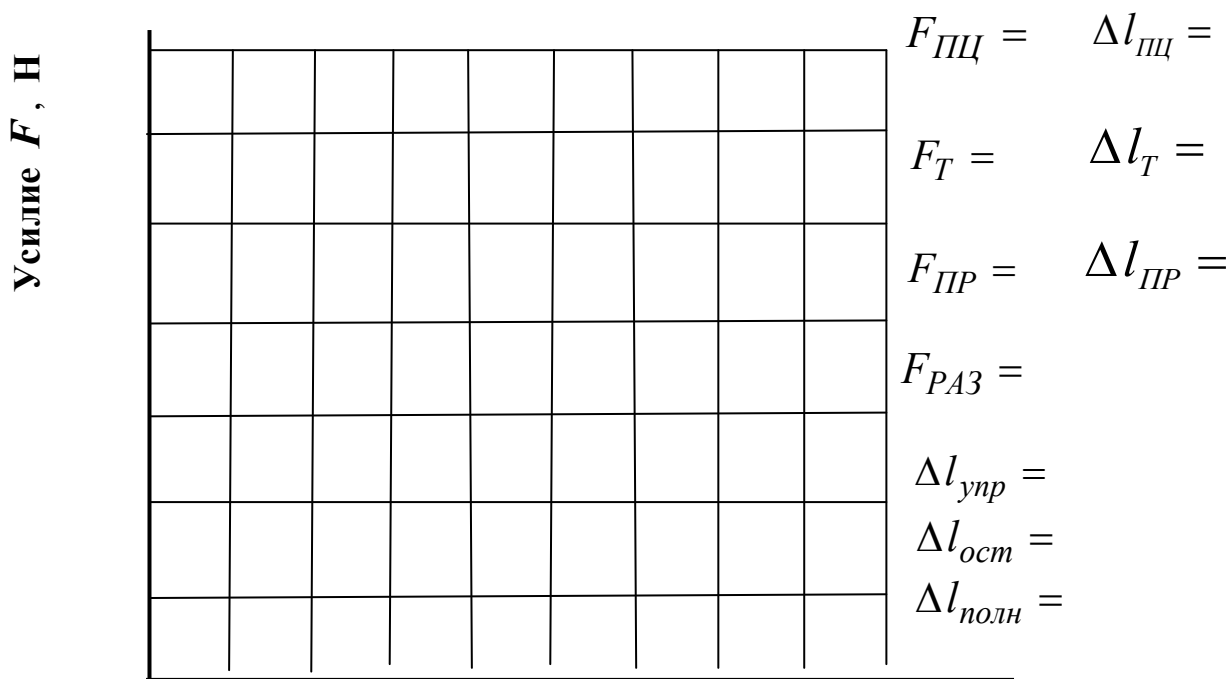
ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ СТАЛИ

Эскиз образца с указанием размеров (до опыта)

$$\begin{aligned} l &= \text{мм} \\ d &= \text{мм} \\ A &= \text{мм}^2 \\ V &= \text{мм}^3 \end{aligned}$$

Результаты опыта

Диаграмма растяжения



Удлинение Δl , мм

Масштаб деформаций

Масштаб сил

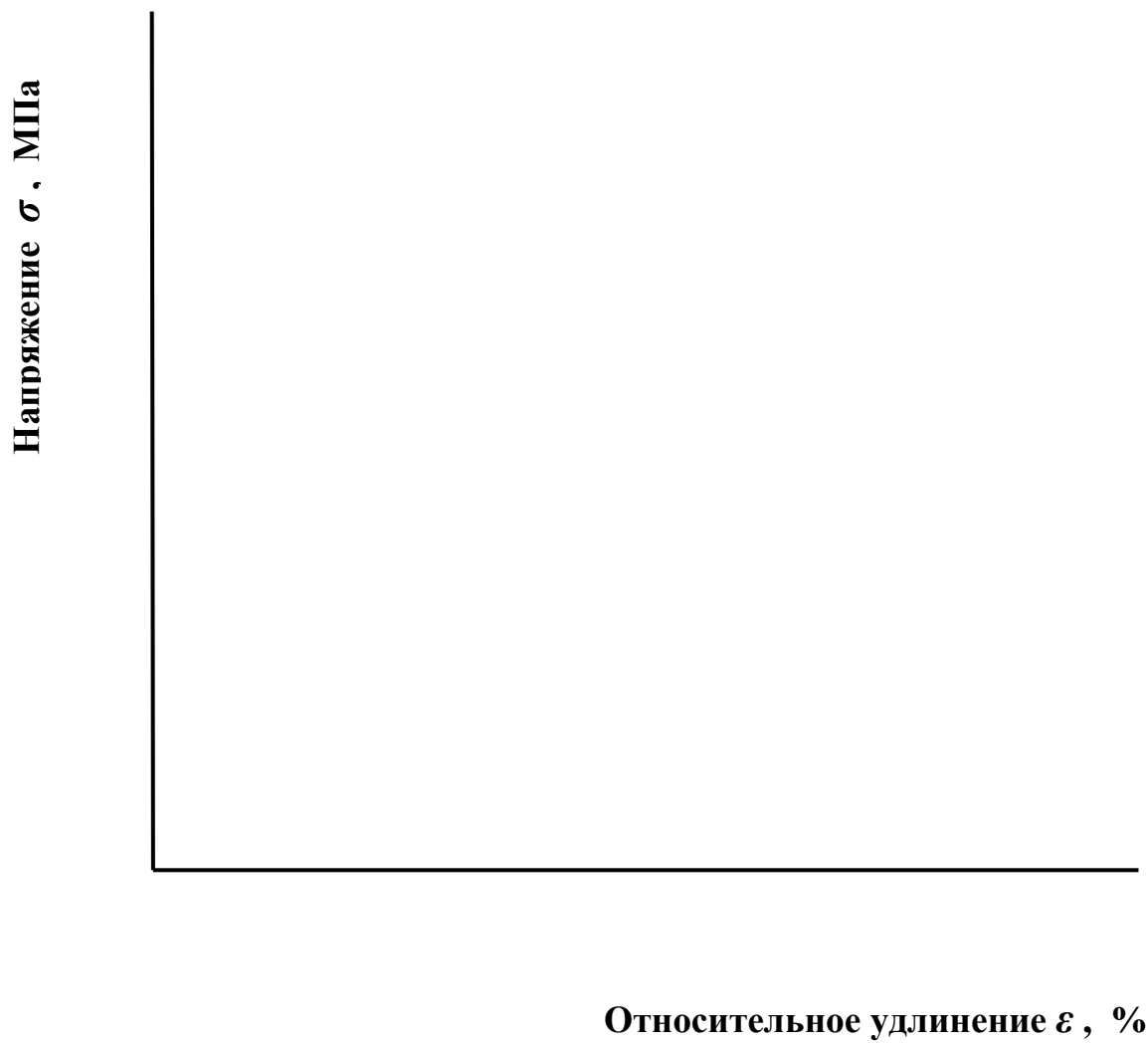
Эскиз образца с указанием размеров (после опыта)

$$\begin{aligned} l_1 &= \text{мм} \\ d_1 &= \text{мм} \\ A_1 &= \text{мм}^2 \\ V_1 &= \text{мм}^3 \end{aligned}$$

Таблица 2 - Характеристики прочности и пластичности испытуемого материала

Наименование параметра	Обозначение параметра, расчетная формула	Величина, размерность
Предел пропорциональности	$\sigma_{ПЦ} =$	
Предел текучести	$\sigma_T =$	
Предел прочности	$\sigma_{ПР} =$	
Напряжение при разрыве: условное истинное	$\sigma_{раз.усл} =$ $\sigma_{раз.ист} =$	
Допускаемое напряжение	$[\sigma] =$	
Запас прочности	$k_T =$	
Относительное остаточное удлинение	$\delta =$	
Относительное остаточное сужение	$\psi =$	
Работа деформаций : упругая остаточная полная	$L_y =$ $L_{ост} =$ $L_{полн} =$	
Удельная работа деформаций : упругая остаточная полная	$L_y/V =$ $L_{ост}/V =$ $L_{полн}/V =$	

Диаграмма растяжения



Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛА ПРИ СЖАТИИ**

Сравнительное изучение свойств пластичных и хрупких
материалов при испытании на сжатие

Стальной образец

Вид образца до испытания

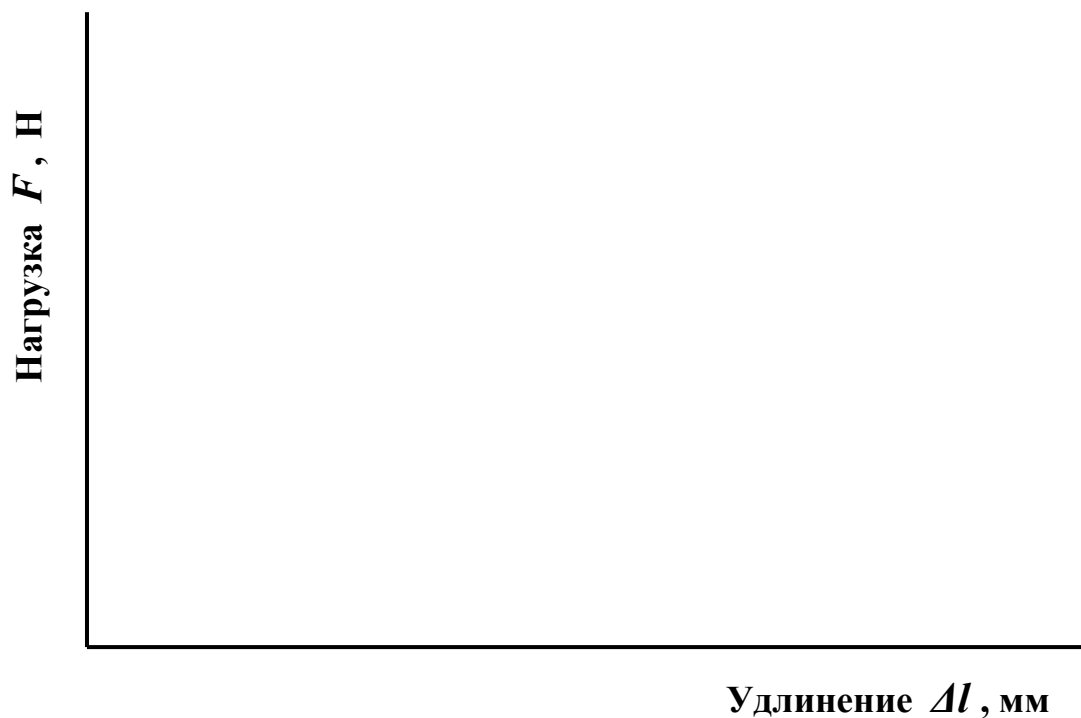
Размеры

$$h_c =$$

$$d_c =$$

$$A_c =$$

Диаграмма сжатия стали



Вид образца после испытания

Размеры

$$h_{c1} =$$

$$d_{c1} =$$

$$A_{c1} =$$

Наибольшая нагрузка при испытании
Напряжение в конце опыта
Нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности
Предел пропорциональности
Допускаемое напряжение
Коэффициент запаса прочности

$$F_{max} =$$

$$\sigma_{max} =$$

$$F_{ПЦ} =$$

$$\sigma_{ПЦ} =$$

$$[\sigma_{СЖ}] =$$

$$k =$$

Чугунный образец

Вид образца до испытания

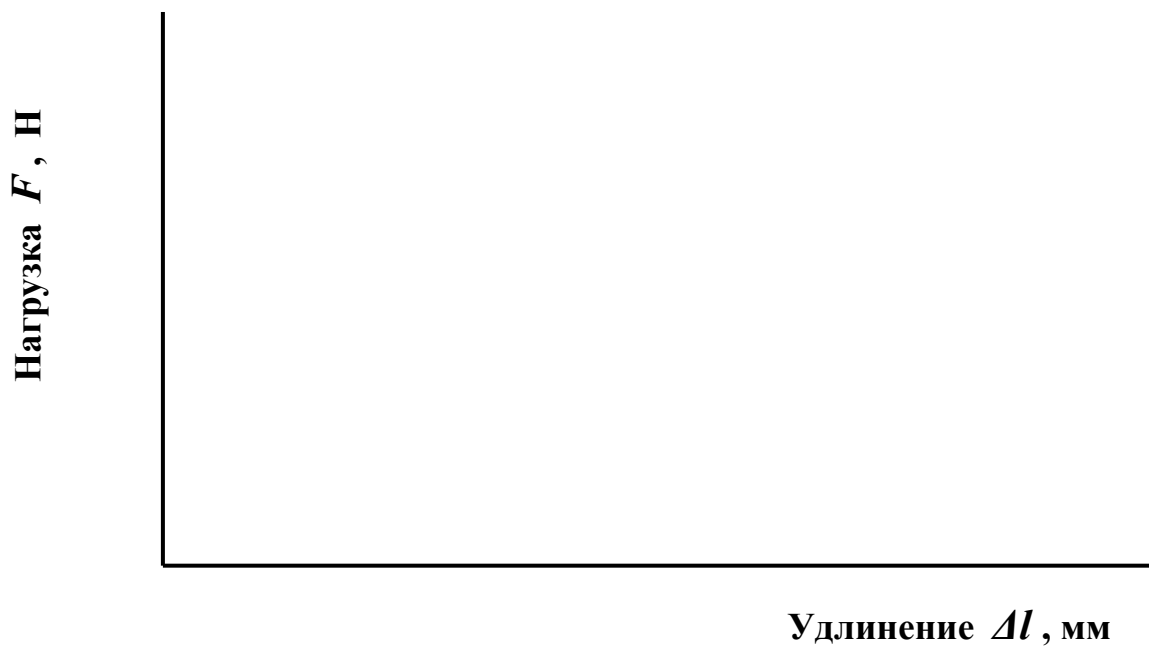
Размеры

$$h_{ч} =$$

$$d_{ч} =$$

$$A_{ч} =$$

Диаграмма сжатия чугуна



Вид образца после испытания

Размеры

$$h_{ч1} =$$

$$d_{ч1} =$$

$$A_{ч1} =$$

Разрушающая нагрузка
 Предел прочности
 Допускаемое напряжение
 Коэффициент запаса прочности

$F_{ПР} =$
 $\sigma_{ПР} =$
 $[\sigma] =$
 $k =$

Вывод :

**Определение прочности дерева при сжатии
 вдоль и поперек волокон**

Вид образца до испытания

вдоль волокон

поперек волокон

$a_1 =$
 $h_1 =$

$b_1 =$
 $A_1 =$

$a_2 =$
 $h_2 =$

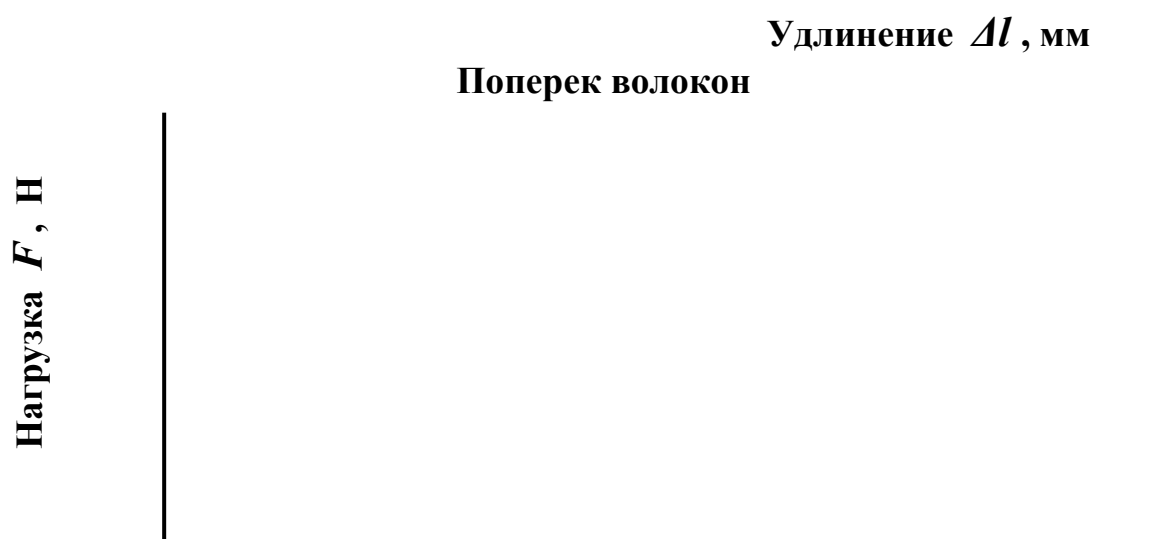
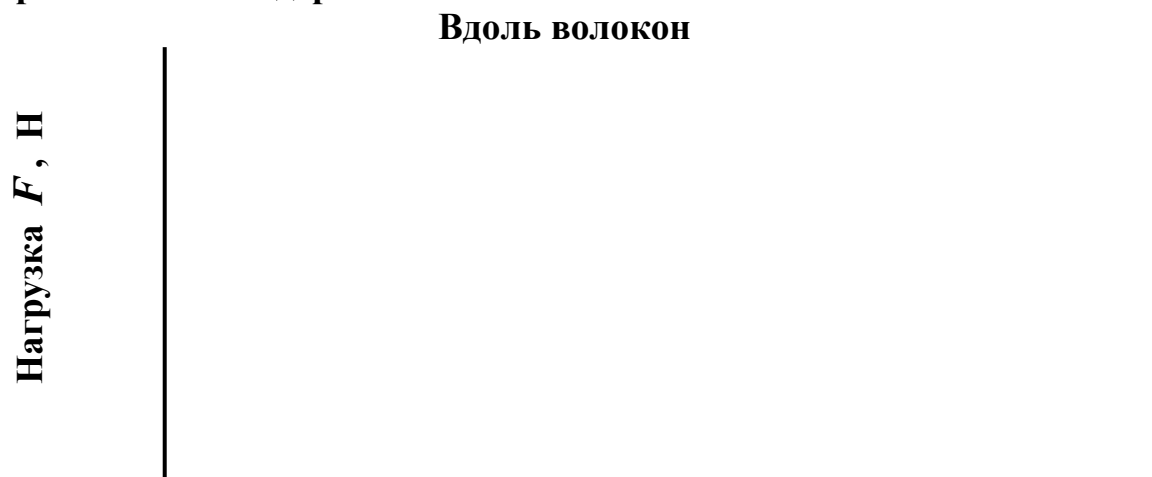
$b_2 =$
 $A_2 =$

Результаты опыта

Показатели	Нагружение вдоль волокон	Нагружение поперек волокон
Нагрузка предела пропорциональности, Н		$F'_{ПЦ} =$
Предел пропорциональности, МПа		$\sigma'_{ПЦ} =$
Разрушающая нагрузка, Н	$F_{ПР} =$	$F'_{ПР} =$
Предел прочности, МПа	$\sigma_{ПР} =$	$\sigma'_{ПР} =$
Допускаемое напряжение, МПа	$[\sigma_{СЖ}] =$	$[\sigma_{СЖ}]' =$
Коэффициент запаса прочности	$k_{ПР} =$	$k'_{ПР} =$

$$\sigma_{ПР} / \sigma'_{ПР} =$$

Диаграммы сжатия дерева



Удлинение Δl , мм

Вид образца после испытания

вдоль волоконпоперек волокон

Вывод :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

***ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ
В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ БАЛКИ ПРИ ИЗГИБЕ***

Испытуемая балка : двугавр № \quad , $l =$ \quad мм,
 $c =$ \quad мм, $a =$ \quad мм, $J =$ \quad см⁴, $W_X =$ \quad см³

Схема балки с указанием измерительных
приборов и действующих сил

Сечение балки

Эпюра Q

Эпюра M

Теоретические расчеты

Таблица 3 - Журнал наблюдений (коэффициент чувствительности прибора $k =$)

№№ датчика	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Нагрузка $F, Н$	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ	Отсчет	Δ
Средняя разница $\Delta_{CP} = \Sigma \Delta / n$																		
Относительная деформация $\varepsilon = k \cdot \Delta_{CP}$																		
Напряжение опытное $\sigma = E \cdot \varepsilon$																		
Напряжение расчетное $\sigma = M_X \cdot y / J_X$																		

График распределения напряжений



Выводы :

Работа принята _____ « ____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ И УГЛОВ ПОВОРОТА
БАЛКИ НА ДВУХ ОПОРАХ**

Испытание производится на _____

**Схема балки с расположением приборов
и схема сил, действующих на балку**

Схема балки

Эпюра Q

Эпюра M

Упругая линия

- Теоретическое значение угловой деформации (угол поворота сечения на опоре A) :

$$\Theta_{TA} =$$

- Теоретическое значение линейной деформации (прогиба) в пролете:

$$f_{TC} =$$

- Теоретическое значение линейной деформации (прогиба) на консоли :

$$f_{TK} =$$

Таблица 4 - Журнал наблюдений

N п/п	Нагрузка		Индикатор на опоре A		Индикатор в пролете C		Индикатор на консоли K	
	$F, Н$	$\Delta F, Н$	Отсчет A	ΔA	Отсчет C	ΔC	Отсчет K	ΔK
	$\Delta F_{CP} =$		$\Delta A_{CP} =$		$\Delta C_{CP} =$		$\Delta K_{CP} =$	

Таблица 5 – Результаты испытаний

Параметр	Опытное значение	Теоретическое значение	Отклонение опытных результатов от теоретических
Угол поворота сечения на опоре <i>A</i>	$\Theta_{OA} = \frac{\Delta A_{CP}}{r \cdot k_{ИНД}} =$	$\Theta_{TA} =$	$\frac{\Theta_{TA} - \Theta_{OA}}{\Theta_{TA}} \cdot 100$
Прогиб в пролете	$f_{OC} = \frac{\Delta C_{CP}}{k_{ИНД}} =$	$f_{TC} =$	$\frac{f_{TC} - f_{OC}}{f_{TC}} \cdot 100$
Прогиб на консоли	$f_{OK} = \frac{\Delta K}{k_{ИНД}} =$	$f_{TK} =$	$\frac{f_{TK} - f_{OK}}{f_{TK}} \cdot 100$

Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ БАЛКИ, ЗАДЕЛАННОЙ ОДНИМ КОНЦОМ

Испытание производится на _____

Схема балки с расположением приборов
и схема сил, действующих на балку

Схема балки	
Эпюра Q	
Эпюра M	
Упругая линия	

Геометрические характеристики балки, данные о материале балки,
данные об установке приборов

Вылет балки	$l =$	мм.
Поперечные размеры балки : $b =$	мм, $h =$	мм.
Момент инерции сечения	$J_X =$	мм ⁴ .
Увеличение индикатора	$k_{ИИД} =$.
Модуль упругости	$E =$	МПа.

Теоретическое определение деформаций

- Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки :

$$Y'' =$$

- Решение дифференциального уравнения :

- Теоретическое значение линейных деформаций (прогибов) :

$$f_{TB} = \quad , \quad f_{TC} =$$

Таблица 6 – Журнал наблюдений

N п/п	Нагрузка F , Н	Приращение нагрузки ΔF , Н	Показания индикатора			
			Отсчет B	ΔB	Отсчет C	ΔC
		$\Delta F_{CP} =$	$\Delta B_{CP} =$		$\Delta C_{CP} =$	

Результаты испытаний

- Опытное значение линейных деформаций (прогибов) :

$$f_{OB} = \frac{\Delta B_{CP}}{k_{ИНД}} = \quad , \quad f_{OC} = \frac{\Delta C_{CP}}{k_{ИНД}} =$$

- Отклонение опытных результатов от теоретических, %

$$\frac{f_{TB} - f_{OB}}{f_{TB}} \cdot 100 = \quad , \quad \frac{f_{TC} - f_{OC}}{f_{TC}} \cdot 100 =$$

Выводы :

Работа принята _____ «_____» _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЯ СТАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

Определение модуля сдвига и проверка закона Гука при кручении

**Формула закона
Гука при кручении**

Вид образца до испытания

**Размеры образца : диаметр $d =$ мм, длина $l =$ мм.
Полярный момент инерции сечения $J_p =$ мм⁴.
Полярный момент сопротивления сечения $W_p =$ мм³.**

Схема установки

Таблица 7 – Журнал наблюдений

Угол закручивания φ , градус	Приращение угла закручивания $\Delta\varphi$, градус	Крутящий момент M_K , Н·мм	Приращение крутящего момента ΔM_K , Н·мм
$\Delta\varphi_{CP} =$		$\Delta M_{KCP} =$	

Примечание . Масштаб : моментов 1 мм – Нм ,
деформаций 1 мм – 0,1 градуса.

Результаты испытаний

- Максимальный крутящий момент $M_{K(max)} =$
- Крутящий момент, соответствующий пределу пропорциональности $M_{K(ПЦ)} =$
- Среднее приращение угла закручивания в радианах

$$\Delta\varphi_{CP(РАД)} = \frac{\Delta\varphi_{CP} \cdot 2 \cdot \pi}{360} =$$

- Модуль сдвига (опытный)

$$G = \frac{\Delta M_{KCP} \cdot l}{\Delta\varphi_{CP(РАД)} \cdot J_P} =$$

- Модуль сдвига (теоретический)

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)} =$$

где μ – коэффициент Пуассона, $\mu = 0,25 \dots 0,35$.

- Предел пропорциональности

$$\tau_{ПЦ} = \frac{M_{K(ПЦ)}}{W_P} =$$

- Условный предел прочности

$$\tau_{ПП} = \frac{M_{K(\max)}}{W_P} =$$

- Допускаемое напряжение (опытное)

$$[\tau_{KP}]_O = \frac{\tau_{ПП}}{k_{ПП}} =$$

где $k_{ПП}$ – коэффициент запаса, $k_{ПП} = 1,5 \dots 1,6$.

- Допускаемое напряжение (теоретическое)

$$[\tau_{KP}]_T = (0,5 \dots 0,6) \cdot [\sigma_{РАСТ}] =$$

Диаграмма скручивания



Вид образца после испытания

Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ

Испытательная установка _____

Схема установки с расположением приборов

Основные данные установки

Вылет балки	$l =$
Ширина поперечного сечения	$b =$
Высота поперечного сечения	$h =$
Модуль продольной упругости	$E =$
Угол, образуемый главной осью поперечного сечения с вертикалью	$\alpha^0 =$
Коэффициент увеличения индикаторов	$k_{\text{инд}} =$

Теоретические вычисления

- Изгибающий момент в сечении

$$M =$$

- Составляющие от изгибающего момента

$$M_Y =$$

$$M_X =$$

- **Осевые моменты инерции поперечного сечения**

$$J_Y = \quad \quad \quad J_X =$$

- **Вертикальный прогиб свободного конца балки**

$$f_{TV} =$$

- **Горизонтальный прогиб свободного конца балки**

$$f_{TG} =$$

- **Суммарный прогиб свободного конца балки**

$$f_{T\text{СУМ}} =$$

- **Угол наклона нейтральной линии к оси X**

$$\operatorname{tg} \beta_T = \quad \quad \quad \beta_T =$$

Эскиз поперечного сечения балки

**(с нанесением главных осей инерции
и следов главных плоскостей : сил, изгиба, нейтральной)**

Таблица 8 – Журнал наблюдений

Нагрузка F , Н	Приращение нагрузки ΔF , Н	Показания индикаторов, соответствующие прогибу			
		вертикальному		горизонтальному	
		Отсчет $П_B$	$\Delta П_B$	Отсчет $П_Г$	$\Delta П_Г$
$\Delta F_{CP} =$		$\Delta П_B_{CP} =$		$\Delta П_Г_{CP} =$	

Результаты испытаний

- **Вертикальный прогиб свободного конца балки**

$$f_{OB} = \frac{\Delta П_B_{CP}}{k_{ИНД}} =$$

- **Горизонтальный прогиб свободного конца балки**

$$f_{OG} = \frac{\Delta П_Г_{CP}}{k_{ИНД}} =$$

- **Суммарный прогиб свободного конца балки**

$$f_{O\text{ сум}} =$$

- **Отклонение опытных результатов от теоретических**

$$f_{T\text{ сум}} - f_{O\text{ сум}} / f_{T\text{ сум}} \cdot 100\% =$$

- **Угол наклона плоскости изгиба к главной оси**

$$\text{tg } \beta_O = f_{OG} / f_{OB} = \beta_O =$$

- **Отклонение опытных данных от теоретических**

$$\beta_T - \beta_O / \beta_T \cdot 100\% =$$

Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ СТЕРЖНЯ

Испытания проводятся на машине _____

Схема сил,
действующих на стержень

Поперечное сечение образца.
Эпюры распределения
напряжений по сечению

Геометрические характеристики образца, данные о материале и приборах

Поперечные размеры образца $b =$ мм, $h =$ мм.

Площадь поперечного сечения $A =$

Момент инерции сечения $J_X =$

Момент сопротивления сечения $W_X =$

Эксцентриситет точки приложения силы $e =$

Модуль упругости материала $E =$

Увеличение тензометра $k =$

База тензометра $S =$

Теоретическое определение напряжений и положение нейтральной оси

- Изгибающий момент в сечении

$$M =$$

- Суммарные напряжения в крайних волокнах

$$\sigma_{T1} =$$

$$\sigma_{T2} =$$

- Отрезок, отсекаемый нейтральной линией от оси Y
 $Y_{HO} =$

Таблица 9 – Журнал наблюдений

Нагрузка $F, Н$	Приращение нагрузки $\Delta F, Н$	Отсчеты по тензомерам			
		Тензомер T_1		Тензомер T_2	
		Отсчет T_1	ΔT_1	Отсчет T_2	ΔT_2
		$\Delta T_{1CP} =$		$\Delta T_{2CP} =$	

Результаты опыта

- Относительная деформация

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta T_{1CP}}{k \cdot S} =$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T_{2CP}}{k \cdot S} =$$

- Нормальные напряжения в крайних волокнах

$$\sigma_{O1} = \varepsilon_1 \cdot E =$$

$$\sigma_{O2} = \varepsilon_2 \cdot E =$$

- Отклонение опытных данных от теоретических

$$\frac{\sigma_{T1} - \sigma_{O1}}{\sigma_{T1}} \cdot 100\% =$$

$$\frac{\sigma_{T2} - \sigma_{O2}}{\sigma_{T2}} \cdot 100\% =$$

Выводы :

Работа принята _____ «_____» _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ
ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ В УПРУГОЙ СТАДИИ**

Испытание проводится на _____

Схемы установки образца

Таблица 10 – Геометрические данные образцов. Данные о материале

Наименование параметра	Величина параметра и расчетная формула	Стержни		
		1	2	3
Длина стержня, мм	$l =$			
Ширина сечения стержня, мм	$b =$			
Высота сечения стержня, мм	$h =$			
Момент инерции сечения, мм ⁴	$J_{min} =$			
Радиус инерции сечения, мм	$i_{min} =$			
Гибкость	$\lambda =$			
Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения	$\varphi =$			
Модуль упругости материала, МПа	$E =$			
Площадь поперечного сечения, мм ²	$A =$			

Таблица 11 – Результаты теоретического расчета и опыта

N стержня	Расчетная формула	Критическая сила F_{KP} , Н	
		теоретическая	опытная

Ошибка опыта, %

$$\frac{F_{KPT} - F_{KPO}}{F_{KPT}} \cdot 100\% =$$

Выводы :

Работа принята _____ «_____» _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИШНЕЙ ОПОРНОЙ РЕАКЦИИ БАЛКИ

Испытание проводится на _____

Геометрические характеристики балки.
Данные об установке и материале балки.

Длина балки		$l =$
Поперечные размеры балки	$b =$	$h =$
Момент инерции сечения балки		$J_x =$
Расстояние от сечения до точки приложения нагрузки		$l_1 =$
Цена деления индикатора		$k =$
Схема установки и схема сил, действующих на балку		

Данная
система

Основная
система

Эпюра Q

Эпюра M

The diagram shows a vertical line on the left side of the page. From this line, four horizontal lines extend to the right, creating four distinct rows. These rows are aligned with the labels 'Данная система', 'Основная система', 'Эпюра Q', and 'Эпюра M' on the left side of the page.

Теоретические расчеты

Таблица 12 – Журнал наблюдений

N п/п	Нагрузка, Н		Реакция на свободно опертом конце , Н	
	F	ΔF	A	ΔA
	$\Delta F_{CP} =$			$\Delta A_{CP} =$

Результаты испытаний :

- Среднее опытное значение приращения реакции свободно опертого конца

$$\Delta A_O = \quad \text{Н.}$$

- Теоретическое значение приращения реакции свободно опертого конца

$$\Delta A_T = \quad \text{Н.}$$

- Отклонение опытного значения реакции от теоретического

$$\frac{\Delta A_T - \Delta A_O}{\Delta A_T} \cdot 100\% =$$

Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДНЕЙ ОПОРЫ
ДВУХПРОЛЕТНОЙ НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ С КОНСОЛЬЮ**

Испытание проводится на _____

Геометрические характеристики балки :

Пролет $l =$

Длина консоли $a =$

Расстояние от левой опоры до средней опоры $c =$

Сечение балки – прямоугольник :

$b =$, $h =$

Момент инерции сечения $J_X =$

Схема установки и схема сил,
действующих на балку

Теоретические
расчеты

Таблица 13 – Журнал наблюдений

N п/п	Нагрузка, Н		Реакция на средней опоре , Н	
	F	ΔF	C_o	ΔC_o
	$\Delta F_{CP} =$			$\Delta C_o_{CP} =$

Результаты испытаний

- **Опытное значение приращения реакции средней опоры**
 $\Delta C_o =$
- **Теоретическое значение приращения реакции средней опоры**
 $\Delta C_T =$
- **Ошибка опыта**

$$\frac{\Delta C_T - \Delta C_o}{\Delta C_T} \cdot 100\% =$$

Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ

Схема установки

Размеры пружины

Наружный диаметр пружины

$D =$ мм

Средний диаметр пружины

$D_{CP} =$ мм

Диаметр проволоки

$d =$ мм

Число рабочих витков

$n =$

Вид деформации –
растяжение

Таблица 14 – Журнал наблюдений

Нагрузка, Н		Осадка пружины, мм	
F_0	ΔF_0	λ_0	$\Delta \lambda_0$
	$\Delta F_{0\text{CP}} =$		$\Delta \lambda_{0\text{CP}} =$

Диаграмма деформации пружины



Таблица 15 – Результаты испытаний

Величина	Теоретическое значение	Опытное значение
Среднее приращение осадки пружины	$\Delta\lambda_T = \frac{8 \cdot \Delta F_T \cdot D_{CP}^3 \cdot n}{G_T \cdot d^4} =$	$\Delta\lambda_O =$
Коэффициент жесткости пружины	$\Delta C_T = \frac{\Delta F_T}{\Delta\lambda_T} =$	$\Delta C_O = \frac{\Delta F_O}{\Delta\lambda_O} =$
Модуль сдвига	$G_T =$	$G_O = \frac{8 \cdot \Delta F_O \cdot D_{CP}^3 \cdot n}{d^4 \cdot \Delta\lambda_O} =$

Выводы :

Работа принята _____ « _____ » _____ 202 г

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПРИ ИЗЛОМЕ
ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗОМ (УДАРНАЯ ПРОБА)**

Испытания проводятся на _____

Схема установки

Основные данные копра

Расстояние от центра тяжести маятника
до оси вращения

$R =$

Вес маятника

$G =$

Форма и размеры образца и надрезов

Таблица 16 - Журнал наблюдений

Сорт или марка материала	
Площадь поперечного сечения в месте надреза	A , мм ²
Величина произведения	GR , Н·мм
Первоначальный угол подъема маятника	φ_0 , градус
Угол подъема при определении вредного сопротивления	φ_1 , градус
Угол подъема при разрушении образца	φ_2 , градус
Полная работа маятника, затраченная на разрушение образца	L_3 , Н·мм
Работа маятника, затраченная на преодоление вредных сопротивлений при свободном его падении	L_1 , Н·мм
Работа, затраченная на излом образца	L_K , Н·мм
Ударная вязкость	α , Н·мм/мм ²

Формулы и вычисления

Выводы :

Работа принята _____ «_____» _____ 202 г

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ УПРУГОСТИ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ СТАЛИ	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	
МАТЕРИАЛА ПРИ СЖАТИИ.....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ	
СЕЧЕНИИ БАЛКИ ПРИ ИЗГИБЕ	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ И УГЛОВ ПОВОРОТА БАЛКИ НА	
ДВУХ ОПОРАХ	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ БАЛКИ, ЗАДЕЛАННОЙ ОДНИМ	
КОНЦОМ	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7	
ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЯ СТАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ	
КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ	23
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9	
ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ СТЕРЖНЯ.....	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ПРИ	
ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ В УПРУГОЙ СТАДИИ	31
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИШНЕЙ ОПОРНОЙ РЕАКЦИИ БАЛКИ	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДНЕЙ ОПОРЫ ДВУХПРОЛЕТНОЙ	
НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ С КОНСОЛЬЮ.....	35
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13	
ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ.....	37
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПРИ ИЗЛОМЕ ОБРАЗЦОВ С	
НАДРЕЗОМ (УДАРНАЯ ПРОБА)	39

Ответственный за выпуск С.В. Гайдидей

Заказ № 2–Р. Тираж 100 экз. Подписано в печать 10.01.2023 г.

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Емельянова, 1