



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

## Журнал лабораторных работ

по сопротивлению материалов,  
выполняемых на установках лаборатории  
механических испытаний ДГТУ (ИЭИМ)

Автор

Кравченко Б.И.

Ростов-на-Дону, 2022



## Оглавление

<b>Работа № 1 Испытание на разрыв стального образца .....</b>	<b>4</b>
<b>Работа № 2 Определение модуля упругости стали .....</b>	<b>9</b>
<b>Работа № 3 Определение коэффициента Пуассона для стали .....</b>	<b>12</b>
<b>Работа № 4 Испытание дерева на сжатие.....</b>	<b>14</b>
<b>Работа № 5 Испытание на сжатие образцов стали и чугуна .....</b>	<b>16</b>
<b>Работа № 6 Испытание стали на срез.....</b>	<b>18</b>
<b>Работа № 7 Испытание на кручение образцов стали, чугуна и дерева.....</b>	<b>20</b>
<b>Работа № 8 Исследование распределения напряжений при поперечном изгибе.....</b>	<b>25</b>
<b>Работа № 9 Исследование перемещений при поперечном изгибе .....</b>	<b>29</b>
<b>Работа № 10 Внецентренное растяжение .....</b>	<b>32</b>
<b>Работа № 11 Определение концентрации напряжений .....</b>	<b>36</b>
<b>Работа № 12 Определение ударной вязкости.....</b>	<b>39</b>
<b>Работа № 13 Испытание спиральной пружины .....</b>	<b>42</b>
<b>Работа № 14 Проверка теоремы о взаимности перемещений .....</b>	<b>45</b>
<b>Работа № 15 Определение опорной реакции балки.....</b>	<b>47</b>



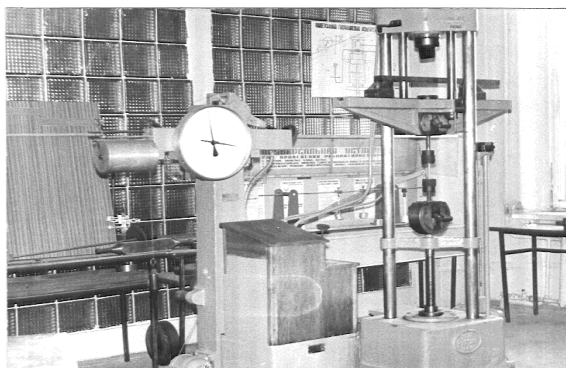
<b>Работа № 16 Исследование устойчивости стального стержня .....</b>	<b>49</b>
<b>Работа № 17 Методика испытания на выносливость, при изгибе .....</b>	<b>52</b>
<b>Приложение .....</b>	<b>54</b>

## РАБОТА № 1 ИСПЫТАНИЕ НА РАЗРЫВ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

### I. Задачи испытания

1. Определить характеристики прочности металла:
  - а) предел пропорциональности;
  - б) предел текучести;
  - в) предел прочности.
2. Определить характеристики пластичности металла:
  - а) относительное остаточное удлинение в процентах;
  - б) относительное остаточное сужение в процентах.
3. Определить удельную работу деформации ( $a$ ).
4. Ознакомиться с явлениями, происходящими во время растяжения образца, и с формой места его разрыва.

### II. Испытательная машина.



**III. Форма и размеры образца**
**IV. Форма места разрыва**

Размеры образца до испытания	Диаметр в мм $d_0$	Размеры образца после испытания	Диаметр в мм $d_1$
	Площадь поперечного сечения в мм <sup>2</sup> $F_0$		Площадь поперечного сечения в мм <sup>2</sup> $F_1$
	Расчетная длина в мм $l_0$		Расчетная длина в мм $l_1$
	Расчетный объем в мм <sup>3</sup> $V_0$		Диаметр образца в месте разрыва в мм, $d_w$
			Площадь поперечного сечения образца в месте разрыва, мм <sup>2</sup> $F_w$

**V. Данные испытания и его результаты**

Нагрузка в Н	Соответствующая пределу пропорциональности $P_{пц}$	Характеристики пластичности	Абсолютное удлинение в мм $\Delta l$
	Соответствующая пределу текучести $P_t$		Относительное удлинение в % - $\epsilon$
	Наибольшая за время испытания образца $P_b$		Относительное сужение в % — $\psi$
	В момент разрешения $P'в$	Работа деформ.	В пределах пропорциональности в Дж- $A_p$
Характеристика прочности, МПа(Н/мм <sup>2</sup> )	Предель пропорциональности $\sigma_{пц}$		Полная в Дж- $A$
	Предель текучести $\sigma_t$		Удельная в Дж/см <sup>3</sup> - $a$



Предел прочности <b><math>\sigma_B</math></b>	Допускаемое напряжение при коэффициенте запаса $[n]=1,5$
---	--

Масштабы

Абсолютных удлинений

1 мм → \_\_\_\_\_ мм

Нагрузок

1 мм → \_\_\_\_\_ Н

Масштабы

Относительных удлинений

1 мм → \_\_\_\_\_ %

Напряжений

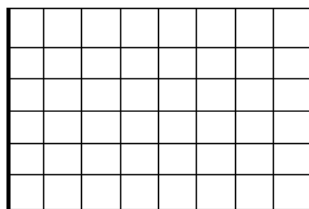
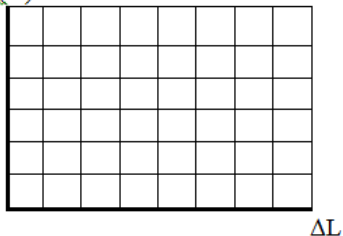
1 мм → \_\_\_\_\_ МПа

$\sigma$  (МПа)

Действительное напряжение в момент разрыва <b><math>\sigma_{разр}</math></b>	Отношение предела текучести к пределу прочности <b><math>\sigma_T/\sigma_B</math></b>
--	---

## VI. Диаграмма растяжения

P(N)



-----

## VII. Вычисления





## **VIII. Вывод**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СТАЛИ

#### I. Задачи исследования

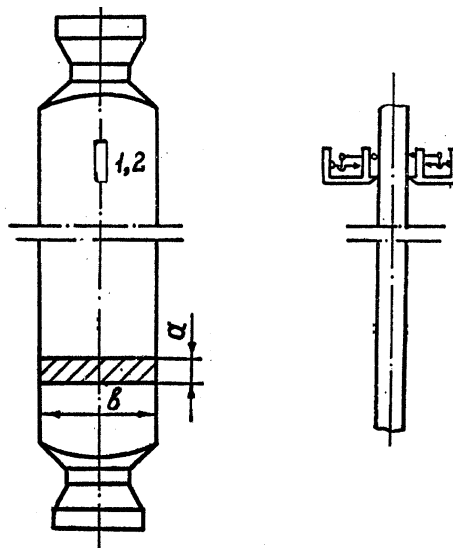
1. Экспериментальным путем проверить закон Гука.
2. Определить модуль упругости первого рода.

#### II. Испытательная машина

Растяжение образца производится на  
..... тонной испытательной машине марки

---

#### III. Схема установки тензометров



#### IV. Форма и размеры образца

1. Материал образца — сталь



## Теоретическая и прикладная механика

2. Площадь поперечного сечения— $F_0= \dots\dots\dots$  мм<sup>2</sup>3. Измеряемая длина (база)— $l_0= \dots\dots\dots$  мм.

4. Предельная нагрузка —

 $P_{\text{макс.}} \dots\dots\dots$  Н**V. Данные испытания и его результаты**

	Нагру- зка в Н	Отсчеты по шкалам тензометров				Среднеариф- метическая разность от- счетов При $k = 1000$ $\frac{\Delta A_1 + \Delta A_2}{2}$	Удлине- ние $\Delta l$ на ступе- нь нагрузки при $k=1$ в мм	Результаты исследова- ния
		Тензометр №1		Тензометр №2				
		отсчеты $A_1$	разность отсчетов $\Delta A_1$	отсче- ты $A_2,$	разность отсчетов $\Delta A_2$			
1							1. Среднее абсолютное удлинение на ступень нагрузки $A_{\text{ср}} =$  2. Модуль упру- гости $E =$	
2								
3								
4								
5								
6								
7								

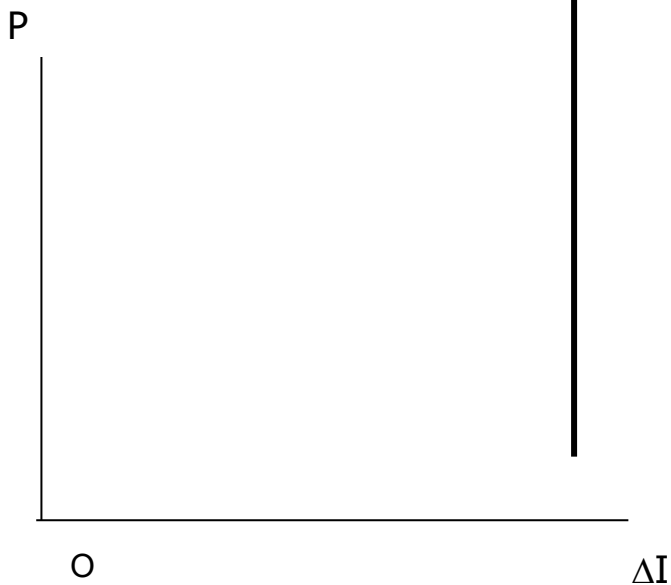


### VI. Диаграмма растяжения

### VII. Вычисления

Масштаб: Удлинений 1 мм →.....,.....мм

Нагрузок 1 мм → .....Н



### VIII. Выводы

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель

## РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ДЛЯ СТАЛИ

### I. Задачи испытания

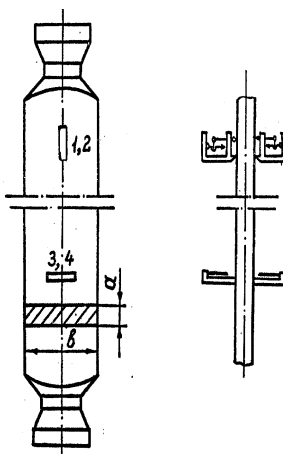
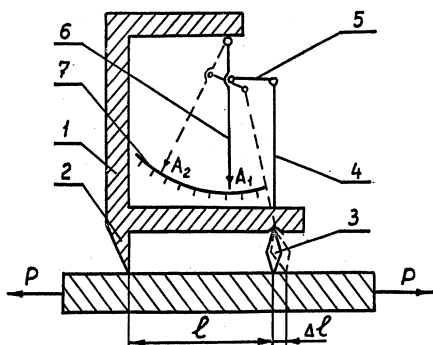
1. Ознакомиться с явлениями поперечного сужения при продольном растяжении.
2. Определить коэффициент Пуассона ( $\mu$ ).
3. Полученную величину коэффициента Пуассона сравнить с величиной  $\mu_r$ , взятой по справочнику.

### II. Испытательная машина

Растяжение образца производится на испытательной машине

#### III. Схема рычажного тензметра

#### IV. Схема установки тензметров и размеры образца





### V. Журнал наблюдений

Нагрузка в Н	Продольные деформации $\Delta a$				Поперечные деформации $\Delta b$			
	тензомерт № 1		тензомерт № 2		тензомерт № 3		тензомерт № 4	
	отсчет мм	деформация $\Delta a_1$ при	отсчет мм	деформация $\Delta a_2$ при	отсчет мм	деформация $\Delta b_1$ при	отсчет мм	деформация $\Delta b_2$ при

Средняя деформация

$$\Delta a = \frac{\Delta a_1 + \Delta a_2}{2} =$$

$$\Delta b = \frac{\Delta b_1 + \Delta b_2}{2} =$$

### VI. Вычисления

### VII. Выводы



« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 4 ИСПЫТАНИЕ ДЕРЕВА НА СЖАТИЕ

### I. Задачи испытания

1. Определить характеристики прочности дерева:
  - а) предел прочности при сжатии вдоль волокна  $\sigma_{\text{в}}$  ;
  - б) условный предел прочности при сжатии поперек волокон  $\sigma_{\text{в}}'$  .
2. Определить характер разрушающих напряжений и установить неоднородность механических свойств древесины.

### II. Испытательная машина

Сжатие производится на \_\_\_\_ тонной гидравлической универсальной машине (схема прилагается к работе № 1).

### III. Форма образцов

а) до испытания

б) после испытания

### IV. Вычисления



### V. Данные исследования и его результаты

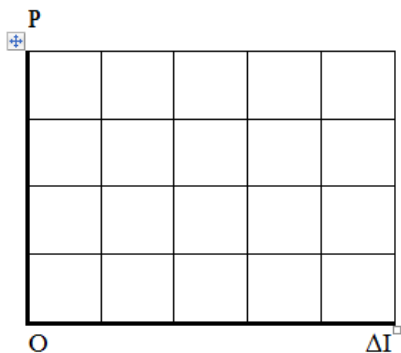
Материал образца	Направление усилия Относит. волокон	Размеры образца до испытания				Нагрузка в Н, соответствующ. пределу прочности $P_B$	Предел прочности в МПа
		a мм	b мм	h мм	F мм <sup>2</sup>		

### VI. Диаграмма сжатия

Масштаб: удлинений 1 мм  $\rightarrow$  .....мм

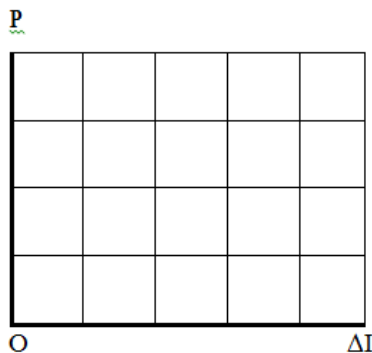
нагрузок 1 мм  $\rightarrow$  .....Н.

а) сжатие вдоль волокон



### VII. Выводы

б) сжатие поперек волокон





## РАБОТА № 5 ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ОБРАЗЦОВ СТАЛИ И ЧУГУНА

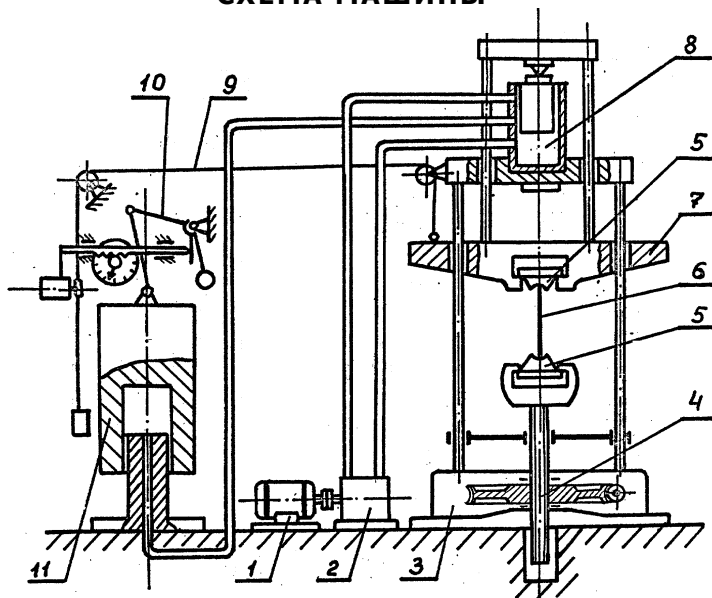
### I. Задачи испытания

- 1 Определите характеристики прочности металлов:
  - а) предел прочности чугуна  $\sigma_B$ ;
  - б) предел текучести стали  $\sigma_T$ .
- 2 Сравнить виды изломов разрушенных образцов и изучить диаграммы сжатия.

### II. Испытательная машина

Испытания производятся на \_\_\_\_\_ тонной машине.

#### СХЕМА МАШИНЫ







### III. Форма и размеры образцов

а) до испытания

чугун

сталь

б) после испытания

чугун

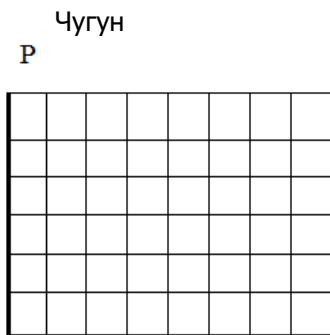
сталь

### IV. Данные испытания и его результаты

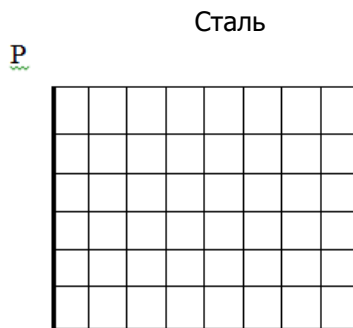
Материал образца	Размеры образца до испытания			Нагрузка в Н соответствующая		Характеристики прочности в МПа	
	диаметр $d$ мм	высота $h$ мм	площадь поперечн. сечения $F$ , мм <sup>2</sup>	пределу текучести $R_t$ (для стали)	пределу прочности $R_b$ (для чугуна)	предел текучести $\sigma_t$ (для стали)	предел прочности $\sigma_b$ (для чугуна)
Чугун							
Сталь							



### V. Диаграмма сжатия



$\Delta l$



$\Delta l$

### VI Вычисления

### VII Вывод

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 6 ИСПЫТАНИЕ СТАЛИ НА СРЕЗ

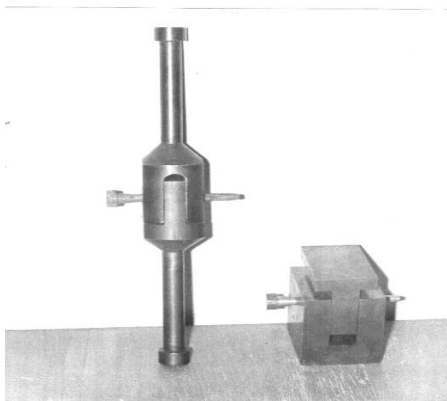
### I. Задачи испытания

1. Определить опытным путем предел прочности при срезе мягкой стали и сравнить его с пределом прочности  $\sigma_B$ , полученным при растяжении той же стали.

### II. Испытательная машина

Испытание производится на.....тонной машине (схема машины приложена к работе №.....)

### III. Схемы установки и размеры образца



Материал образца		
Диаметр $d$ образца мм.		
Площадь поперечн. сечения $F_0$ мм <sup>2</sup>		
Площадь перерезывания $F$ мм <sup>2</sup>		



### IV. Данные испытания и его результаты

Материал образца	Результаты испытания на срез		Твердость образца		Предел прочности при растяжении $\sigma_B$ МПа	Отношение $\frac{\tau_B}{\sigma_B}$
	Разрушающая нагрузка $P_B$ Н	Предел прочности $\tau_B$ МПа	число твердост. HRB	Число твердост. Hв		

### V. Вычисления

### VI. Выводы.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель

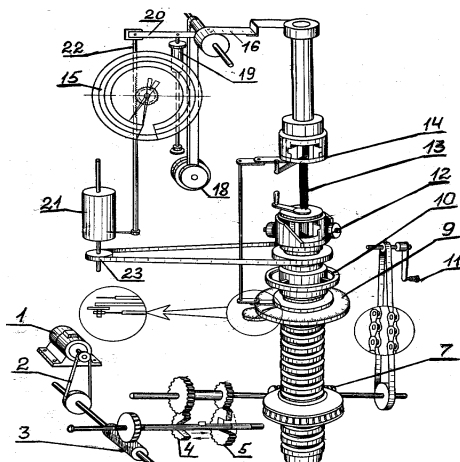


## РАБОТА № 7 ИСПЫТАНИЕ НА КРУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ СТАЛИ, ЧУГУНА И ДЕРЕВА

### I. Задачи испытания

1. Экспериментальным путем проверить закон Гука при кручении.
2. Определить модуль упругости при сдвиге для стали.
3. Определить характеристики прочности и пластичности материалов при кручении:
  - а) предел текучести стали;
  - б) предел прочности стали, чугуна и дерева;
  - в) углы закручивания, соответствующие пределам прочности.
4. Ознакомиться с характером разрушения образцов и разрушающими напряжениями пластичных, хрупких и неоднородных материалов.

### II. Схема машины на кручение





### III. Формы и размеры образца

Материал образца	сталь	чугун	дерево
Диаметр $d$ мм			
Расчетн. длина $l$ , мм			
Полярн. мом. инерции $J_p$ , мм <sup>4</sup>			
Момент согрот. $W_p$ , мм <sup>3</sup>			

### IV. Журнал наблюдений

№№ ступеней нагрузки	Крутящий момент Н·м		Деформация в градусах		
			отсчет	угол закручивания	
	М	М		К =	К=1
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					



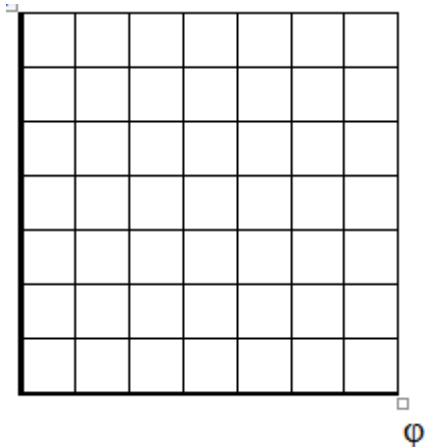
### V. Диаграммы кручения стального образца в пределах пропорциональности

Масштаб:

Угол закруч. 1 мм \_\_\_\_\_ град.

моментов 1 мм \_\_\_\_\_ Н·м

Мкр



### VI. Вычисления модуля упругости при сдвиге



### VII. Результаты испытания

Материал образца	Крутящий момент в Н·м, соответствующий			Характеристика прочности в МПа			Угол закручивания в рад. , соответствующий пределу прочности	Характер излома
	пределу пропор. Мпц	предел текучести Мт	предел прочн. Мв	предел пропор Тпц	предел текучести Тт	предел прочности σв		
Сталь								
Чугун								
Дерево								

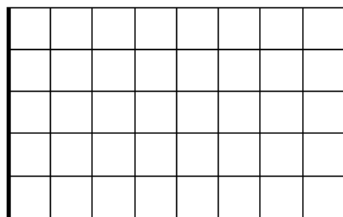
### VIII. Диаграмма кручения IX. Форма разрушения образцов

Масштаб:

Углов закр. 1 см \_\_\_\_\_ град

Моментов 1 см \_\_\_\_\_ Н·м

М (Н·м)



φ





## **X. Вычисления**

## **XI. Выводы**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

#### I. Задачи исследования

1. Изучить распределение нормальных напряжений по поперечному сечению балки при изгибе.
2. Убедиться в справедливости гипотезы плоских сечений, сравнивая экспериментальные напряжения с напряжениями, получаемыми теоретическими расчетами.
3. Построить эпюры нормальных напряжений (экспериментальных и теоретических).

#### II. Схема установки

#### III. Размеры балки

Пролет $l$ в мм	Ширина $b$ в мм	Высота $h$ в мм	Момент инерции $J_x$ , мм <sup>4</sup>	Момент со-противл. $W_x$ мм <sup>3</sup>



### IV. Журнал наблюдений

№№ ступней нагр.	Нагрузка в Н	тензомер № 1		тензомер № 2		Тензомер № 3		тензомер № 4		тензомер № 5			
		отсчет мм	Деформ $\Delta I_1$ при		отсчет мм	Деформ $\Delta I_2$ при		отсчет мм	Деформ $\Delta I_4$ при		отсчет мм	Деформ $\Delta I_5$ при	
			к=	к=1		к=	к=1		к=	к=1		к=	к=1
0													
1													
2													
3													
4													



### V. Напряжение (при $P = \underline{\hspace{2cm}}$ Н)

№№ точек	Положение исследуемых волокон	Напряжение в МПа		Отклонение в %
		Экспериментальн.	Теоретические	
1	Растянутые волокна $Z_1 = +$			
2	Растянутые волокна $Z_2 = +$			
3	Нейтральный слой $Z = 0$			
4	Сжатые волокна $Z_3 = -$			
5	Сжатые волокна $Z_4 = -$			
6				

### VI. График напряжений

Масштаб: длин. 1—мм.....мм.

напряжений 1—мм..... Мпа

### VII. Вычисления





## **VIII. Выводы**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 9 ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

### I. Задачи исследования

1. Экспериментальная проверка величин перемещений изгибаемой балки, определенных теоретическим путем.
2. Экспериментальным путем проверить закон Гука при изгибе.
3. Построить диаграмму перемещений от нагрузки при изгибе стальной балки в сечении 1-1.

### II. Испытательная машина

Изгиб стальной балки производится на испытательной машине (схема машины приведена в работе №\_\_\_).

### III. Схема установки

### IV. Размеры балки

Предельная нагрузка —  $P$  = \_\_\_\_\_  $N$

Ширина $b$ в мм	Высота $h$ в мм	Момент инерции $J_x$ мм <sup>4</sup>	Момент сопротивл. $W_x$ мм <sup>3</sup>	Пролет в мм. $l$	Длина консоли в мм, $c$



### IV. Индикатор часового типа

### V. Журнал наблюдений

№№ ступени	Нагрузка в Н	Сечение 1 -1				Сечение № 2 — 2			
		Индикатор №1		Индикатор № 2		Индикатор № 3		Индикатор № 4	
		отсчет мм.	перемещение мм	отсчет мм	перемещение мм	отсчет мм.	перемещение мм.	отсчет мм	перемещение мм.



**VI. Таблица сравнения экспериментальных данных с теоретическим (при  $P = H$ )**

Сечение	Перемещение в мм.		Отклонение в %
	Эксперим. мм	Теоретич. мм	

**VII. Диаграмма изгиба (для сеч.....)**

Масштаб:

перемещений 1 мм \_\_\_\_\_ мм

нагрузок 1 мм \_\_\_\_\_ Н

$P(H)$

**VIII. Вычисления**


$\Delta$  мм

**IX. Вывод**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Руководитель





## РАБОТА № 10 ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

### I. Задачи исследования

1. Экспериментальная проверка величин напряжений при внецентренном растяжении, определяемых по формулам сопротивления материалов.

### II. Испытательная машина

Внецентренное растяжение бруса производится на испытательной машине типа \_\_\_\_\_ схема которой приведена в работе №\_\_

### III. Схема установки и размеры образца (бруса)

Установка

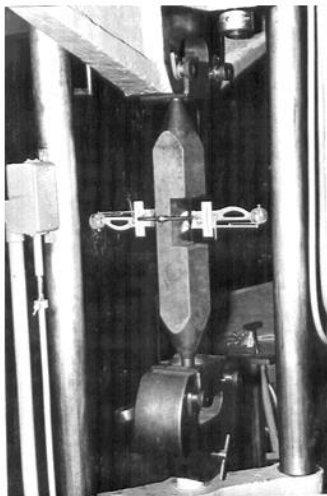


Таблица размеров образцов

	Неослаб. сечение		Ослабленное сечение				Эксцентриситет
	Ширина мм	Высота мм	Ширина мм	Высота мм	Площадь F в мм <sup>2</sup>	М. инерц. J <sub>у</sub> мм <sup>4</sup>	
Образец №1							
Образец №2							

Основные расчетные формулы



### IV. Журнал исследований

№№ ступеней нагр	Нагрузка Р в Н	Образец №1						Образец №2									
		тензомер № 1			тензомер № 2			Тензомер № 3			тензомер № 4						
		отсчет мм	Деформ при		отсчет мм	Деформ при		отсчет мм	Деформ при		отсчет мм	Деформ при					
			к=1000	к=1		к= 1000	к=1		к= 1000	к=1		к= 1000	к=1				
1																	
2																	
3																	
4																	



**V. Таблица сравнения экспериментальных напряжений с теоретическими (при  $P = \dots\dots\dots N$ )**

№№ п/п образцов	Волокно	Напряжения в МПа		Расхождение в %
		экспериментальн.	Теоретические	
1	1			
	2			
2	3			
	4			

**VI. Графики напряжений**



**VII. Вычисления**

**VIII. Выводы**



« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

### I. Задачи испытания

1. Экспериментальное изучение распределения нормальных напряжений в поперечном сечении стальной полосы, ослабленной круглым отверстием.

2. Определить коэффициент концентрации напряжений  $k = \frac{\sigma_M}{\sigma_0}$

3. Построить график напряжений

### II. Испытательная машина

Испытание производится.....тонной машине  
(схема машины дана в работе №.....)

### III. Схема установки и размеры полосы

Толщина полосы <b>a</b> мм	
Ширина полосы <b>b</b> мм	
Диаметр отверстия <b>d</b> мм	
Площадь в ослаблен. сечении <b>F<sub>ос</sub></b> , мм <sup>2</sup>	
Площадь в неослаб- ленном сечении <b>F<sub>0</sub></b> , мм <sup>2</sup>	



**IV. Результаты испытаний (при  $P = \text{---} Н$ )      График напряжений**

Наименование данных		Положение исследов. точек				
		№1	№2	№ 3	№ 4	№5
Напряжения	Экспериментальные					
	Среднерасчетн. в ослабл. сечении					
	Среднерасчетн. в неос. сеч.					
Коэф. концентр. $k = \frac{\sigma_M}{\sigma_0}$	Теоретические					
	Экспериментальн.					

**V. Выводы**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 12 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ

### I. Задачи испытания

1. Определить ударную вязкость **a**
2. По виду и характеру излома дать характеристику структуры материала.

### II. Форма и размеры образца      IV. Данные испытания и его результаты

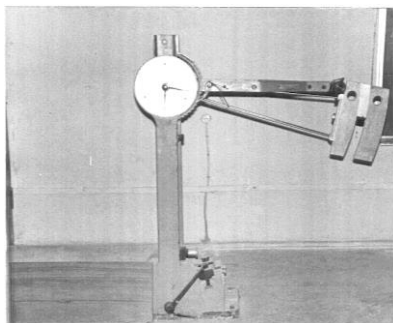
№№ п-п	Марка стали	Ширина <b>b</b> мм	Высота <b>h</b> мм.	Площадь раб. части образца $F$ мм <sup>2</sup>	Работа удара <b>A</b> , Дж	Ударная вязкость <b>a</b> Дж/мм <sup>2</sup>





### III. Маятниковый копёр.

### V. Вычисления



### VI. Выводы

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 13

### ИСПЫТАНИЕ СПИРАЛЬНОЙ ПРУЖИНЫ

#### I. Задачи испытания

1. Экспериментальная проверка теоретической формулы удлинения спиральной пружины.
2. Проверить экспериментальным путем закон пропорциональности между напряжением и деформациями пружины.
3. Построить диаграмму растяжения пружины.

#### II. Схема установки

#### III. Размеры пружины

Материал $G$ МПа	Наружи, диам в мм $D_{cp}$	Диам. провол. в мм $d$	Средн. диам в мм. $D_{cp}$	Число витков расчетное $n$	Предел пропорциональности МПа	Допускаем. нагрузка $P$ Н.

**IV. Журнал наблюдений**

№№ ступ.	Нагрузка в Н	Напряжение МПа	Шкала левая		Шкала правая	
			от- счет	в удли нение в мм.	от- счет в мм.	в удли нение в мм.

 $\Delta_{1cp} =$  $\Delta_{2cp} =$ 

$$\Delta = \frac{\Delta_{1cp} + \Delta_{2cp}}{2} =$$



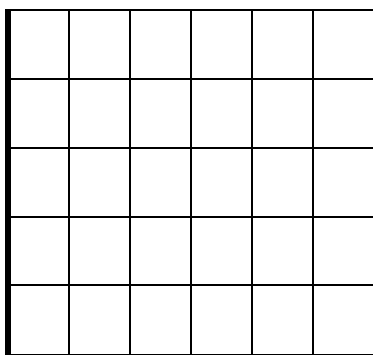
### VI. Диаграмма растяжения пружины

Масштаб:

Удлинение 1 мм \_\_\_\_\_ мм

Напряжение 1 мм \_\_\_\_\_ Н

P



$\Delta L$

### V. Сравнение экспериментальных данных с теоретическими

Удлинение пружины в мм при $P = \text{_____} \text{ Н}$		Расхождение в %
эксперимент.	теоретическое	



## VI. Выводы

## VII. Вычисления

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 14

### ПРОВЕРКА ТЕОРЕМЫ О ВЗАИМНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

#### I. Задачи испытания

Экспериментальная проверка теоремы о взаимности перемещений и сравнение результатов эксперимента с теоретическими данными.

#### II. Схема установки и размеры балки

Материал		
Длина балки 1 м		
Размеры поперечн. сечения в мм	b	
	h	
Момент инерции сечения $J_x$ , мм <sup>4</sup>		
Момент сопротивления сечения $W_x$ , мм <sup>3</sup>		

**III. Журнал наблюдений**

Нагрузка Р	Перемещения							
	первое состояние				второе состояние			
	сечение В		сечение С		сечение В		сечение С	
	отсчет	перемещение	отсчет	перемещение	отсчет	перемещение	отсчет	перемещение

**IV. Таблица сравнения данных опыта с теоретическими**

	Перемещения		Расхождение в %
	f	f	
Эксперимент.			
Теоретическ.			

**V. Вычисления****VI. Выводы**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 15

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНОЙ РЕАКЦИИ БАЛКИ

### I. Задачи испытания

1. Опытным путем определить «лишнюю» опорную реакцию одной статически неопределимой балки.
2. Проверить расчетную формулу этой же балки путем сравнения реакции, полученной экспериментально, с найденной теоретически.

### II. Схема установки и размеры балки

Пролет 1 мм		
Расстояние от заделанного конца до нагрузки в мм		
Размеры поперечного сечения балки в мм.	b	
	h	
Момент сопротивления $W_x$ мм <sup>3</sup>		

### III. Данные опыта и его результаты

Нагрузка P, Н.	Величины опорной реакции в Н, найденная		Расхождение между значением реакции эксперим. и теоретическим в %
	Эксперимент	теоретически	





#### IV. Вычисления

#### V. Выводы

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Руководитель

## РАБОТА № 16

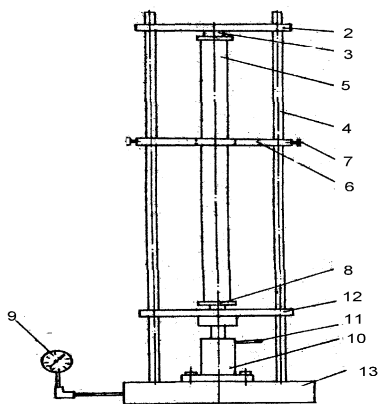
# ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ

### 1. Задачи исследования

1. Ознакомиться с явлением потери устойчивости при сжатии длинного стержня продольными силами и экспериментальным путем определить критическую силу  $P_{кр}$ .

2. Сравнить найденную экспериментальным путем критическую силу  $P_{кр}$  с теоретическим ее значением, определяемым по формуле Эйлера.

### II. Схема установки



**Размеры стержня**

Характеристика стержня		Способ крепления концов стержня	
Материал стержня			
Длина стержня 1 мм			
Поперечные размеры в мм	Ширина $b$		
	Толщина $h$		
Момент инерции $J_{\min}$ мм <sup>4</sup>			
Гибкость $\lambda$			
Радиус инерции $i_{\min}$ мм.			
Площадь сечения $F$ мм <sup>2</sup>			



### III. Таблица сравнения экспериментальных данных с теоретическими

Способ крепления концов стержня	Критическая сила		Расхождение в %
	эксперт.	теоретич.	

#### IV. Вычисления

#### V. Выводы



« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Руководитель



## РАБОТА № 17 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ, ПРИ ИЗГИБЕ

### I. Задачи

1. Ознакомьтесь с методом определения предела выносливости при изгибе.
2. Построить кривую выносливости в координатах «напряжение — число циклов».

### II. Схема машины для испытания на выносливость чистым изгибом

### III. Схема нагружения образца чистым изгибом

### IV. Форма и размеры образцов

$\sigma$  (МПа)


.....

N

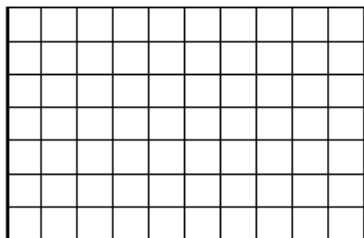
Масштабы:

Напряжений 1 см \_\_\_\_\_ МПа

Число циклов 1 см \_\_\_\_\_



**V. Кривая выносливости**



**V. Выводы**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

Руководитель



## ПРИЛОЖЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по определению точности результатов при выполнении лабораторных работ по сопротивлению материалов.

При выполнении лабораторных работ, имеющих целью определение физических свойств и качества материалов, необходимо выявлять степень точности получаемых результатов работы, так как производимые в процессе опыта измерения и последующие вычисления всегда несут в себе ту или иную погрешность против истинного значения.

Величина этой погрешности зависит от конструкции измерительных приборов, употребляемых при работе, и от характера математических операций над данными опыта.

При определении точности результатов работы, надлежит пользоваться следующими понятиями.

Разность между приближенным значением величины и ее истинным значением называется «абсолютной погрешностью». Отношение абсолютной погрешности к самой величине называется «относительной погрешностью».

Точность определения любой величины вполне характеризуется относительной погрешностью.

При пользовании измерительными приборами принимается, что абсолютная погрешность измерения равна половине цены наименьшего деления измерительной шкалы. Так, например, если образец измерен штанген-циркулем, нониус которого имеет цену деления 0,1 мм, то абсолютная погрешность при измерении считается равной  $0,5 \times 0,1 = 0,05$  мм.

Если сжимающее усилие прессы определяется по шкале, у которой цена наименьшего деления соответствует 100 Н, то абсолютная погрешность в определении нагрузки принимается в 50 Н.

При определении общей точности математических операций надлежит пользоваться следующими положениями теории приближенных вычислений:

1. Абсолютная погрешность суммы чисел равна сумме абсолютных погрешностей всех слагаемых.
2. Абсолютная погрешность разностей чисел равна сумме абсолютных погрешностей уменьшаемого и вычитаемого.
3. Относительная погрешность суммы чисел равна относительной погрешности наименее точного из всех слагаемых.
4. Относительная погрешность произведения равна сумме относительных погрешностей всех сомножителей.



5. Относительная погрешность частного равна сумме относительных погрешностей делимого и делителя.

6. Относительная погрешность степени равна показателю степени, умноженному на относительную погрешность основания.

Это положение верно и для дробного показателя, т.е. для случая извлечения корня.

Следует отметить, что относительная погрешность вычитания очень резко возрастает, если действие производится над числами, близкими по величине

Например, даны числа 21,37 и 21,12. Каждое из этих чисел дано с четырьмя знаками и абсолютная погрешность не превосходит половины единицы последнего знака, а наибольшая относительная погрешность данных чисел, следовательно, равна:

$$\geq \frac{0,005}{21,12} \approx \frac{1}{4000}$$

Если взять разность этих чисел, то она равна 0,25.

Абсолютная погрешность разности равна сумме абсолютных погрешностей уменьшаемого и вычитаемого и для нашего случая  $\Delta = 0,005 + 0,005 = 0,01$ .

Следовательно, относительная погрешность результата будет  $\frac{1}{25}$ , т. е. в 160 раз больше, чем наибольшая относительная погрешность уменьшаемого и вычитаемого. Поэтому, следует по возможности избегать при вычислениях таких формул, куда входит разность близких по величине чисел.

Пользуясь выше приведенными положениями, можно определять общую относительную погрешность результатов лабораторной работы и в соответствии с этой погрешностью округлять цифровые показатели результатов.

Порядок определения общей погрешности показан на следующих примерах.

### **Пример 1.**

Вычислить погрешность в определении предела прочности стали при испытании образца на разрыв.

Измерение диаметра образца производилось микрометром с ценой наименьшего деления 0,01 мм.

Усилия измерялись по шкале с ценой наименьшего деления, равной 200 Н.





Н. Диаметр образца  $d=10$  мм. Предельное усилие  $P = 4000$

**Решение.**

Предел прочности вычисляется по формуле.

$$\sigma_{\text{ПЧ}} = \frac{4P}{\pi d^2}$$

Согласно приведенным выше положениям, относительная погрешность частного равна сумме относительных погрешностей делимого и делителя, т. е.

Вычисляем отдельные погрешности.

Абсолютная погрешность силы  $P$ —

$$\Delta P = 0,5 \times 200 = 100\text{Н}$$

$$\text{Относительная погрешность } p = \frac{\Delta P}{P} = \frac{100}{40000} = 0,002500$$

Величина  $p$  принята в вычислениях равной 3,14. Считая точное ее значение равным 3,14159 получаем относительную погрешность в делении  $p$

$$P_{\pi} = \frac{3,14159 - 3,14}{3,14159} = \frac{0,00159}{3,14159} = 0,000505$$

Абсолютная погрешность в измерении диаметра  $\Delta d = 0,005$  мм.

Относительная погрешность, учитывая, что диаметр входит в формулу в квадрате.

$$d_{\text{ПЧ}} = 2 \frac{\Delta d}{d} = 2 \frac{0,005}{10} = 0,001$$

Общая относительная погрешность

$$P_{\text{общ}} = 0,002500 + 0,000505 + 0,00100 = 0,00401$$

$$P_{\text{общ}} \approx 0,004 \text{ или } 0,4\%$$

Следовательно, значение предела прочности получается с точностью не свыше 0,004, что при величине временного сопротивления.

$$\delta_{\text{ПЧ}} = \frac{4 \cdot 40000}{3,14 \cdot 10^2} = 510\text{МПа}$$

дает абсолютную погрешность



## Теоретическая и прикладная механика

$$\Delta\delta_{пч} = 0,004 \times 510 \approx 2 \text{ МПа}$$

Отсюда при вычислениях  $\sigma$  достаточно ограничиваться третьей значащей цифрой, считая слева на право.

**Пример 2**

Вычислить погрешность в определении предела прочности сопротивления стали на сдвиг на основании испытания круглого образца на кручение.

Величина крутящего момента определялась по шкале с наименьшей ценой деления, равной 100 Н·см. Диаметр образца измерялся микрометром с наименьшей ценой деления 0,01 мм.

Разрушение образца последовало при  $M_{кр} = 160 \text{ Н·м}$ . Диаметр образца  $d = 13 \text{ мм}$ .

**Решение.**

Предел прочности определяется по формуле

$$\tau_{пч} = \frac{\Delta M_{кр}}{W_p} = \frac{16M_{кр}}{d^3}$$

Абсолютная погрешность в определении крутящего момента  $\Delta M_{кр} = 50 \text{ Н·см}$

Относительная погрешность

$$P_M = \frac{\Delta M_{кр}}{M_{кр}} = \frac{50}{16000} = 0,003125$$

Относительная погрешность в определении  $\pi$

$$P_\pi = \frac{3,14159 - 3,14}{3,14159} = 0,000505$$

Относительная погрешность при вычислении куба диаметра

$$P_d = 3 \frac{0,005}{13} = 0,001154$$

Общая относительная погрешность

$$P_{\tau_{пч}} = 0,003125 + 0,000505 + 0,001154 = 0,004784 \approx 0,005$$

или 0,5%

Следовательно, в получаемом значении предела прочности



$$\tau_{\text{пч}} = \frac{16 \cdot 160000}{3,14 \cdot 13^3} = 371 \text{ МПа}$$

возможна абсолютная погрешность

$$\Delta \tau_{\text{пч}} = 0,005 \cdot 371 = 1,9 \text{ МПа}$$

Следовательно, вычисление  $\tau$  надо производить с точностью только до третьей значащей цифры, считая слева на право.