

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Кафедра «Теоретическая и прикладная механика»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
Журнал лабораторных работ по дисциплинам «Соппротивление материалов» и  
«Механика материалов и конструкций»

Ростов-на-Дону

2018

Составители:

д-р физ.–мат. наук, проф. А.Н. Соловьев,

канд. техн. наук, доц. О.Н. Лесняк,

канд. техн. наук, доц. И.Н. Вислоусова,

канд. техн. наук, доц. В.В. Котов,

канд. техн. наук, доц. Б.И. Кравченко

Методические указания предназначены для студентов 2 курса, изучающих дисциплины: «Сопротивление материалов» и «Механика материалов и конструкций»:/– Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 22 с.

Методические указания содержат журнал отчета по лабораторным работам и могут быть использованы при изучении студентами дисциплин «Сопротивление материалов», «Механика материалов и конструкций», а также «Прикладная механика», «Техническая механика», «Механика».

Научный редактор - д-р физ.–мат. наук, проф. А.Н. Соловьев

Рецензент – канд. физ.–мат. наук, доц. А.С. Скалиух

## СОДЕРЖАНИЕ

..... стр.

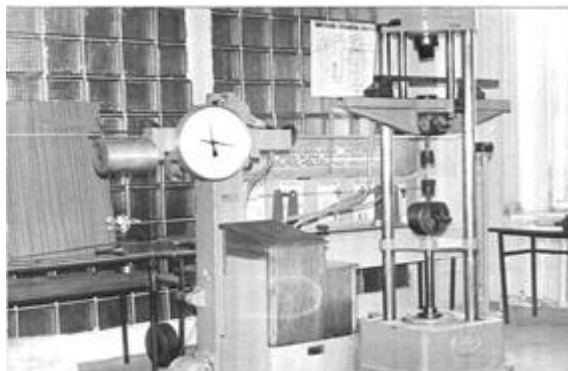
Работа № 1 Испытание на разрыв стального образца.....	4
Работа №2 «Испытание на сжатие образцов из стали, и чугуна».....	6.
Работа № 3 Определение коэффициента Пуассона и модуля упругости для стали при растяжении.....	8
Работа № 4 Испытание на кручение образцов из стали и чугуна.....	10
Работа № 5 Исследование распределения напряжений при поперечном изгибе.....	12
Работа № 6 Определение перемещений балки при поперечном изгибе.....	14
Работа № 7 Внецентренное растяжение .....	15
Работа № 8 Исследование характеристик цилиндрических спиральных пружин при сжатии.....	17
Работа № 9 Определение перемещений консольной балки при косом изгибе.....	18
Работа № 10 Проверка теорем о взаимности работ и перемещений .....	20
Работа № 11 Исследование потери устойчивости прямоугольного стержня.....	22

## РАБОТА № I

### ИСПЫТАНИЕ НА РАЗРЫВ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

**Цель работы:** получение диаграммы растяжения, определение основных механических характеристик, изучение характера разрушения образца.

**Испытательная машина.**



**Форма и размеры образца**

**Форма места разрыва**

Размеры образца до испытания	Диаметр в мм $d_0$		Размеры образца после испытания	Диаметр образца в месте разрыва в мм, $d_{ш}$	
	Площадь поперечного сечения в мм <sup>2</sup> $F_0$			Площадь поперечного сечения образца в месте разрыва, мм <sup>2</sup> $F_{ш}$	
	Расчетная длина в мм $l_0$			Расчетная длина в мм $l_1$	

## 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 $P_p$		Работа деформации.	В пределах пропорциональности в Дж- $A_p$	
Характеристика прочности, МПа(Н/мм <sup>2</sup> )	Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$			Полная в Дж- $A$	
	Предел текучести $\sigma_t$			Удельная в Дж/см <sup>3</sup> - $a$	
	Предел прочности $\sigma_b$			Допускаемое напряжение при коэффициенте запаса $[n]=1,5$	
	Действительное напряжение в момент разрыва $\sigma_{II}$			Отношение предела текучести к пределу прочности $\sigma_t/\sigma_b$	

Диаграмма растяжения

Вычисления

Вывод

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

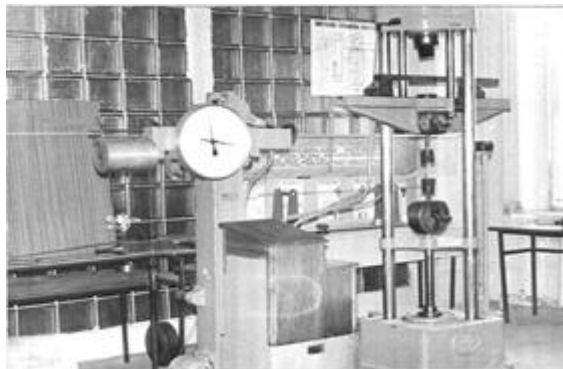
Руководитель

## РАБОТА № 2

### ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ, И ЧУГУНА

**Цель работы:** изучение характера разрушения образцов, построение диаграмм сжатия, определения основных механических характеристик материалов.

#### Испытательная машина



#### Форма и размеры образцов

До испытания

После испытание

#### Данные испытания и его результаты

Материал образца	Размеры образца до испытания			Нагрузка в Н соответствующая		Характеристик и прочности в	
	диаметр $d$ мм	высота $h$ мм	площадь поперечн. сечения $F, \text{мм}^2$	пределу текучести $P_T$ (для стали)	пределу прочности $P_B$ (для чугуна)	предел текуче сти $\sigma_T$ (для стали)	предел прочнос ти $\sigma_B$ (для чу гуна)
Чугун							
Сталь							

#### Диаграмма сжатия

## **Вычисления**

## **Вывод**

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

**Руководитель**

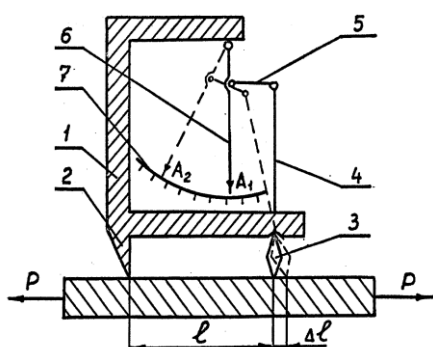
# **РАБОТА № 3** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА И МОДУЛЯ** **УПРУГОСТИ ДЛЯ СТАЛИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ**

**Цель работы:** экспериментальное определение коэффициента Пуассона и модуля упругости при растяжении.

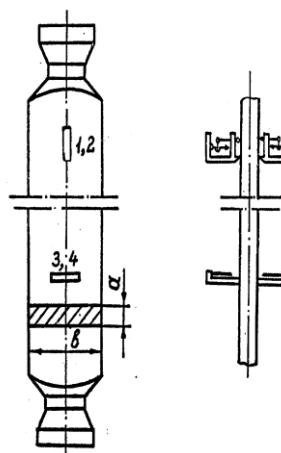
## **Испытательная машина**

Растяжение образца производится на испытательной машине

**Схема рычажного тензометра образца**



**Схема установки тензометров и размеры**



## **Журнал наблюдений**

№	Нагрузка , кН	Продольные деформации				Поперечные деформации			
		T1		T2		T3		T4	
		Отсче т n	Разност ь отсчете в Δn	Отсче т n	Разност ь отсчете в Δn	Отсче т n	Разност ь отсчете в Δn	Отсче т n	Разност ь отсчете в Δn
1	5								
	20								
2	5								
	20								
3	5								
	20								



## Обработка результатов эксперимента

	Расчетная формула	Механические тензометры			
		T1	T2	T3	T4
Средняя разность отсчетов (дел.)	$\Delta n_i = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3}$				
Абсолютное удлинение (укорочение) на ступень нагружения 15 кН	$\Delta l_i = \Delta n_i \cdot 10^{-3}$				
Среднее абсолютное удлинение	$\Delta l_{cp} = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{2}$				
укорочение, мм	$\Delta l'_{cp} = \frac{\Delta l_3 + \Delta l_4}{2}$				
Относительная продольная (поперечная) деформация	$\varepsilon = \frac{\Delta l_{cp}}{S}$				
	$\varepsilon' = \frac{\Delta l'_{cp}}{S}$				
Коэффициент Пуассона	$\eta = \left  \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right $				
Модуль упругости, МПа	$E = \frac{\Delta P}{F} \cdot \frac{1}{\varepsilon}$				

## Вычисления

## Вывод

« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.

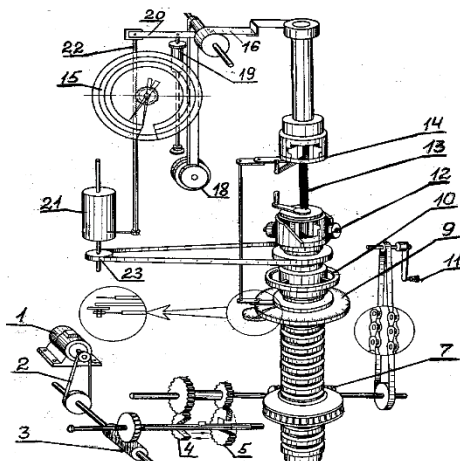
**Руководитель**

## РАБОТА № 4

### ИСПЫТАНИЕ НА КРУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ И ЧУГУНА

**Цель работы:** определение механических характеристик пластичных и хрупких материалов при кручении.

#### Схема машины на кручение



#### Формы, размеры и геометрические характеристики сечений образцов

Материал образца	Диаметр $d$ мм	Расчетн. длина $l$ , мм	Полярн. мом. инерции $J_p$ , мм <sup>4</sup>	Момент сопрот. $W_p$ , мм <sup>3</sup>
Сталь				
Чугун				

#### Журнал наблюдений

Нагрузки и деформации  Материал образца	$M_T$ , Нм	$M_B$ , Нм	$\Phi_B$ , град	Характер разрушения образца
Сталь				
Чугун				

## Диаграммы кручения стального образца в пределах пропорциональности

Масштаб:

Угол закруч. 1 мм \_\_\_\_\_ град. моментов    мм \_\_\_\_\_ Н·м

### Вычисления

### Выводы

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

Руководитель

## РАБОТА № 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

**Цель работы:** экспериментальное исследование закона распределения нормальных напряжений по сечению балки и сравнение полученных результатов с нормальным напряжением, вычисленным теоретически.

**Схема установки**

**Размеры балки**

Пролет $l$ , мм	Ширина $b$ , мм	Высота $h$ , мм	Момент инерции $J_x$ , мм <sup>4</sup>	Момент сопротивления

### Журнал наблюдений

№№ ступней нагр.	Нагрузка в Н	тензометр № 1		тензометр № 2		Тензометр № 3		тензометр № 4		тензометр № 5	
		отсчет мм	Деформ $\Delta l_1$ при	отсчет мм	Деформ $\Delta l_2$ при	отсчет мм	Деформ $\Delta l_3$ при	отсчет мм	Деформ $\Delta l_4$ при	отсчет мм	Деформ $\Delta l_5$ при
			$k=$ $k=1$		$k=$ $k=1$		$k=$ $k=1$		$k=$ $k=1$		$k=$ $k=1$
0											
1											
2											
3											
4											

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

№ точек	Положение исследуемых волокон	Напряжение в		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				

### График напряжений

Масштаб: длин. 1—мм.....мм. напряжений

1—мм..... Мпа

### Вычисления

### Выводы

«                    »                      20     г.

**Руководитель**

## РАБОТА № 6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

**Цель работы:** экспериментальное определение линейных и угловых перемещений двухопорной балки и сравнение их с перемещениями, вычисленными теоретически.

#### Испытательная машина

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

#### Размеры балки

Предельная нагрузка —  $P = \text{_____ Н}$

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

#### 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.

**Вычисления**

**Вывод**

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

**Руководитель**

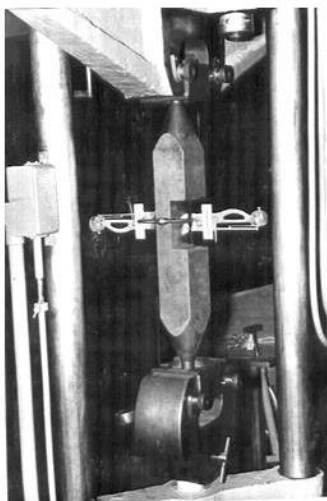
## РАБОТА № 7 ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ

**Цель работы:** экспериментальная проверка величин напряжений при внецентренном растяжении, определяемых по формулам сопротивления материалов.

### Испытательная машина

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

### Схема установки и размеры образца (бруса)



Образец	Неослабленное сечение		Ослабленное сечение					Эксцентриситет
	Ширина, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Площадь, $F$ , мм <sup>2</sup>	М. инерц. $J_y$ , мм <sup>4</sup>	М. сопр. $W_x$ , мм <sup>3</sup>	
1								
2								

### Журнал исследований

№ ступней нагружения	Нагрузка $P$ в Н	Образец №1						Образец №2					
		тензометр № 1			тензометр № 2			тензометр № 3			тензометр № 4		
		отсчет мм	Деформация при		отсчет мм	Деформация при		отсчет мм	Деформация при		отсчет мм	Деформация при	
			$k=1000$	$k=1$		$k=1000$	$k=1$		$k=1000$	$k=1$		$k=1000$	$k=1$
1													
2													
3													
4													

## Вычисления

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

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

## Графики напряжений

## Выводы

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Руководитель**



## РАБОТА № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СПИРАЛЬНЫХ ПРУЖИН ПРИ СЖАТИИ

**Цель работы:** Экспериментальное определение осадки и жёсткости – характеристик цилиндрических пружин и сравнение их с теоретическими значениями.

#### Схема установки

#### Размеры пружины

Материал, $G$ , МПа	Наружный диаметр, $D_{\text{ср}}$ , мм	Диаметр проволоки, $d$ , мм	Средний диаметр, $D$ , мм	Число витков расчетное, $n$	Предел пропорциональности, МПа	Допускаемая нагрузка, $P$ , Н

#### Журнал наблюдений

#### Вычисления

№ ступ.	Нагрузка, Н	Напряжение МПа	Шкала левая		Шкала правая	
			Отсчет, мм	Удлинение, мм.	Отсчет, мм.	Удлинение, мм.

#### Сравнение экспериментальных данных с теоретическими

Удлинение пружины, мм		Расхождение, %
эксперимент.	теоретическое	

#### VI. Выводы

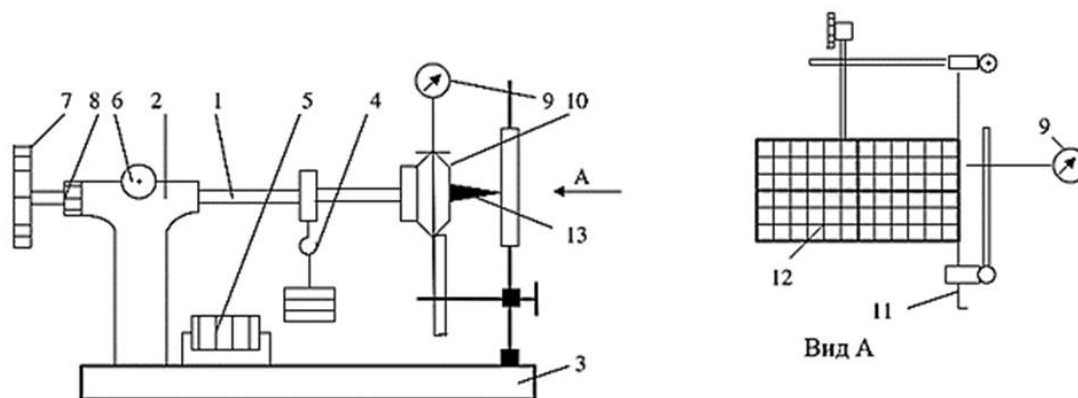
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель

## РАБОТА № 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ

**Цель работы:** определить опытным путем величину и направление прогиба свободного конца консоли при косом изгибе и сравнить полученные результаты с величинами, вычисленными теоретически.

### Схема установки



### Исходные данные

Длина балки, мм	Размеры поперечного сечения, мм		Моменты инерции поперечного сечения балки, мм <sup>4</sup>		Модуль упругости, МПа	Координата приложения силы, мм.	Угол наклона силы, град.	Угол наклона нейтральной линии, град.
$l$	$b$	$h$	$J_x$	$J_y$	$E$	$a$	$\alpha$	$\beta$

### Вычисления

Нагрузка, Н	$\alpha = \underline{\hspace{1cm}}^{\circ}$			
$F$	Отсчет по индикатору $T_{\text{верт}}$	Разность отсчетов $\Delta T_{\text{верт}}$	Отсчет по индикатору $T_{\text{гор}}$	Разность отсчетов $\Delta T_{\text{гор}}$
0				
10				
20				
30				
$\Sigma \Delta T_i$				
$\Delta T_{\text{иср}} = \frac{\Sigma \Delta T_i}{3}$				
$\Delta f_{\text{верт}} = 10^{-2} \cdot \Delta T_{\text{иср}}$				
$\Delta f_{\text{гор}} = 10^{-2} \cdot \Delta T_{\text{иср}}$				
$f_{\Sigma} = \sqrt{\Delta f_{\text{верт}}^2 + \Delta f_{\text{гор}}^2}$				
$\varphi_{\Sigma} = \text{arctg} \frac{\Delta f_{\text{гор}}}{\Delta f_{\text{верт}}}$				

### Сравнение экспериментальных и теоретических значений.

Угол $\alpha$ , град.	Прогиб $f$ , мм			Угол $\varphi$ , град.		
	$f_{\text{т}}$	$f_{\Sigma}$	$\delta_f, \%$	$\varphi_{\text{т}}$	$\varphi_{\Sigma}$	$\delta_{\varphi}, \%$
$\alpha = \underline{\hspace{1cm}}^\circ$						

### Выводы

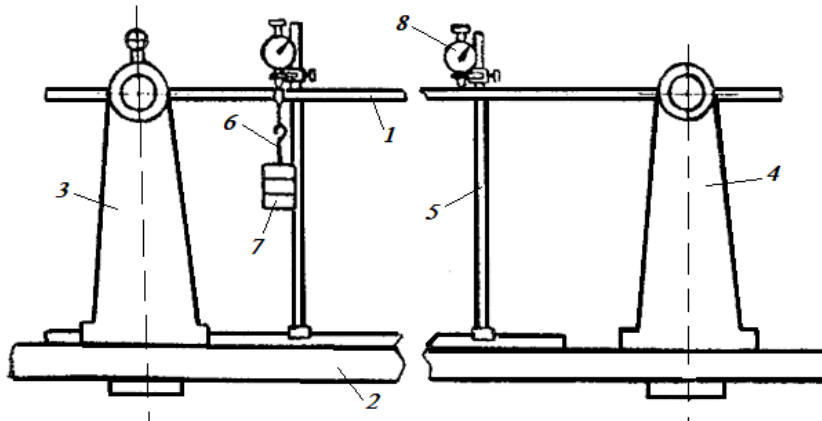
«                    »                      20      г.

**Руководитель**

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10** **ПРОВЕРКА ТЕОРЕМ О ВЗАИМНОСТИ РАБОТ И** **ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

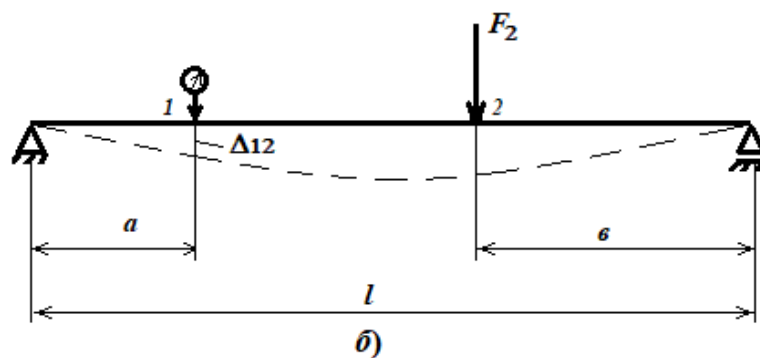
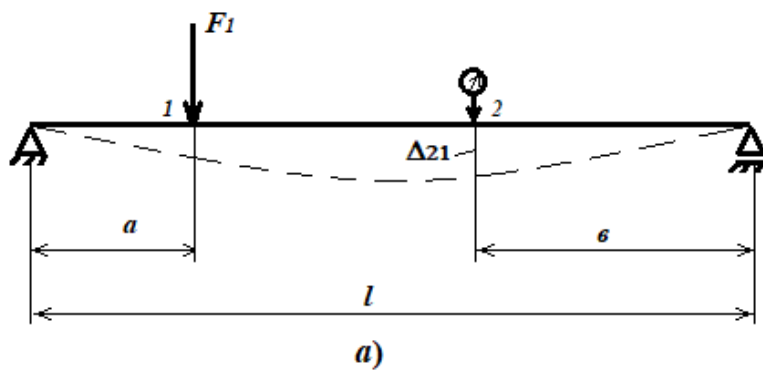
**Цель работы** – экспериментальное подтверждение теорем о взаимности работ и перемещений.

## **Экспериментальная установка**



- 1-
- 2-
- 3-
- 4-
- 5-
- 6-
- 7-

## **Схемы нагружения**



## Результаты исследований

Сечение 1			Сечение 2			Работа	Работа	Расхождение
$F_1$ , Н	Отсчет $T_1$ , дел.	Прогиб $\Delta T_1 = \Delta_{12}$	$F_2$ , Н	Отсчет $T_2$ , дел.	Прогиб $\Delta T_2 = \Delta_{21}$	$A_1 = F_1 \cdot \Delta_{12}$	$A_2 = F_2 \cdot \Delta_{21}$	$\delta, \%$
0			0					
25			35					
0			0					
25			35					
0			0					
25			35					

Сечение 1			Сечение 2			Работа	Расхождение
$F_1$ , Н	Отсчет $T_1$ , дел.	Прогиб $\Delta T_1$ , м	$F_2$ , Н	Отсчет $T_2$ , дел.	Прогиб $\Delta T_2$ , м	$A_1 = F_1 \cdot \Delta_{12}$	$\delta, \%$
0			0				
25			35				
0			0				
25			35				
0			0				
25			35				

## Выводы

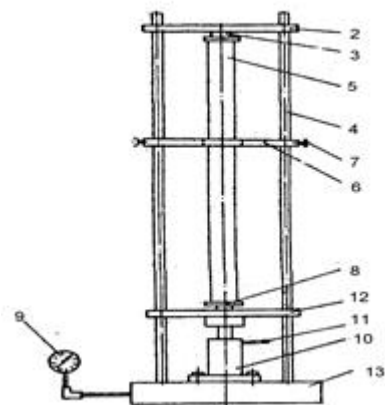
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Руководитель**

# РАБОТА № 11 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СТЕРЖНЯ

**Цель работы:** экспериментальное определение критической силы и сравнение с теоретическим значением.

**Схема установки**



**Вычисления**

**Размеры стержня**

Характеристика стержня		Способ крепления концов стержня	
Материал стержня			
Длина стержня $l$ 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>			

**Таблица сравнения экспериментальных данных с теоретическими**

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

**Выводы**

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

**Руководитель**