

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Ж У Р Н А Л
лабораторных занятий по курсу
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»
ЧАСТЬ I

Фамилия, и.о. студента _____

Факультет _____ Группа _____ 20__ учебный год

РАБОТА №1
ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:

2. Характеристика образцов, испытательного оборудования и приборов.

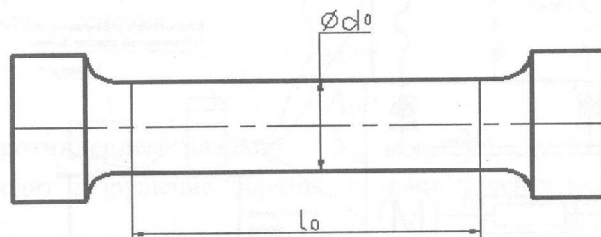


Рис.1.1. Эскиз образца.

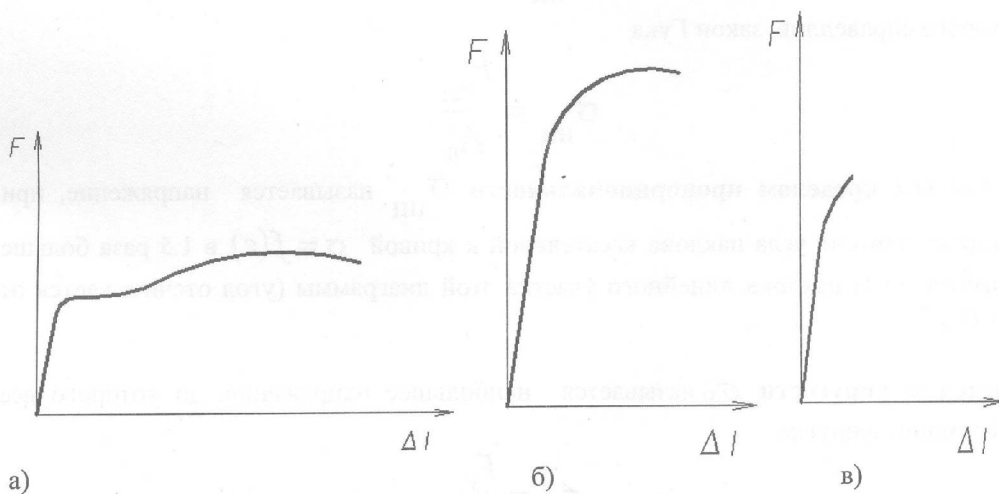


Рис.1.2. Диаграммы растяжения образцов:

- а) низкоуглеродистая сталь,
- б) конструкционная сталь,
- в) чугун.

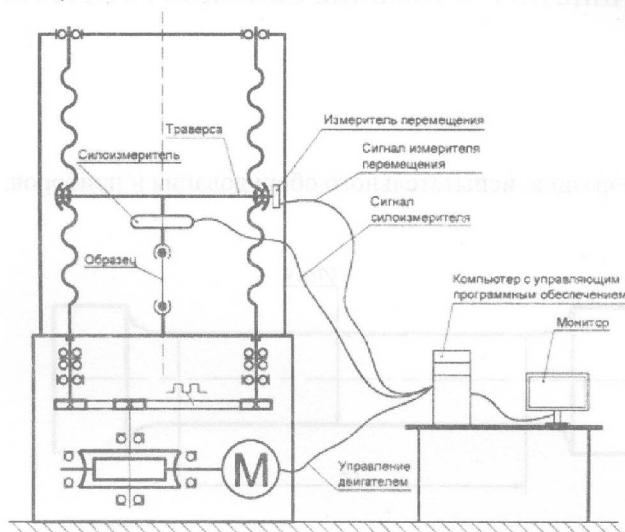


Рис.1.3. Схема испытательной машины.

Модулем упругости I рода E называется коэффициент пропорциональности в законе Гука

$$\sigma = E \cdot \varepsilon.$$

Пределом пропорциональности $\sigma_{пц}$ называется наибольшее напряжение, до которого справедлив закон Гука

$$\sigma_{пц} = \frac{F_{пц}}{A_0}.$$

Условным пределом пропорциональности $\sigma_{пц}$ называется напряжение, при котором тангенс угла наклона касательной к кривой $\sigma = f(\varepsilon)$ в 1.5 раза больше тангенса угла наклона линейного участка этой диаграммы (угол отсчитывается от оси σ).

Пределом упругости σ_y называется наибольшее напряжение, до которого все деформации упругие

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}.$$

Пределом текучести σ_t называется напряжение, при котором в материале начинают интенсивно накапливаться остаточные (пластические) деформации

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0}.$$

Условным пределом текучести $\sigma_{0.2}$ называется напряжение, при котором остаточная (пластическая) деформация составляет 0.2%

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{A_0}.$$

Пределом прочности σ_b называется отношение максимальной нагрузки, воспринятой образцом при его испытании до разрушения, к первоначальной площади поперечного сечения

$$\sigma_b = \frac{F_{MAX}}{A_0}.$$

Истинным сопротивлением разрыву S_K называется отношение силы, при которой происходит разрушение образца, к наименьшей площади поперечного сечения образца

$$S_K = \frac{F_{PA3P}}{A_{MIN}}.$$

Относительное удлинение после разрыва

$$\delta = \frac{\ell_K - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100\%$$

Относительное сужение после разрыва

$$\psi = \frac{A_0 - A_K}{A_0} \cdot 100\%$$

Таблица 1.1.

	Образец №1		Образец №2	
Материал				
Размеры образца	$d_0 =$ мм	$d_K =$ мм	$d_0 =$ мм	$d_K =$ мм
	$l_0 =$ мм	$l_K =$ мм	$l_0 =$ мм	$l_K =$ мм
	$A_0 =$ мм ²	$A_K =$ мм ²	$A_0 =$ мм ²	$A_K =$ мм ²

Результаты испытаний образцов

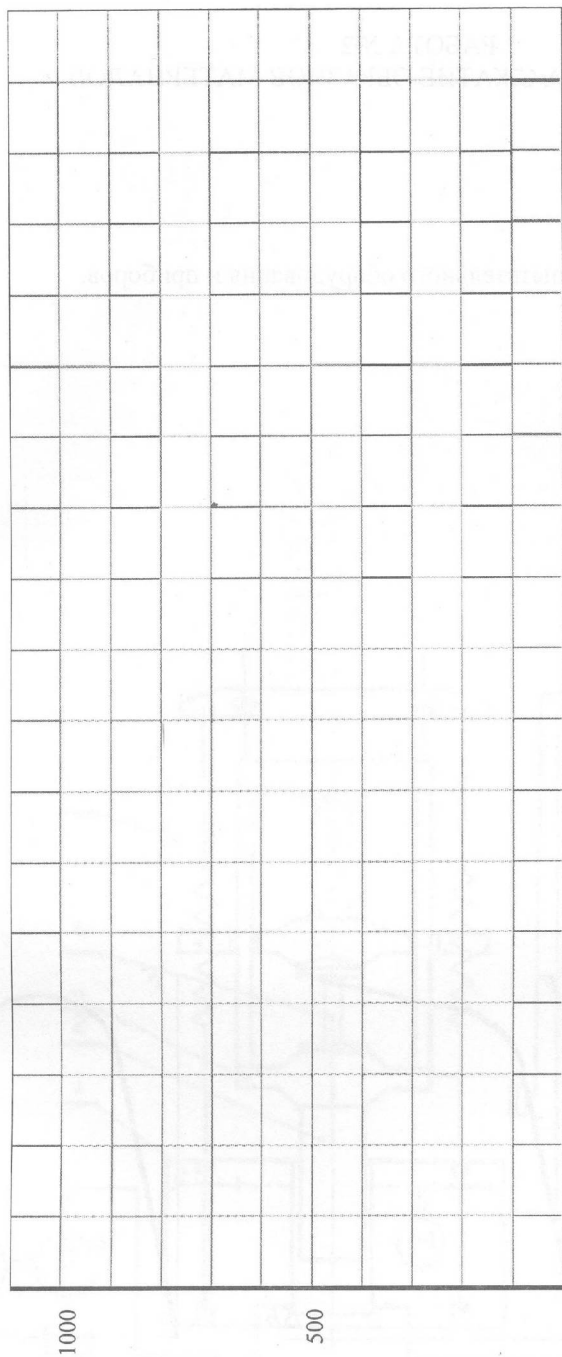
Таблица 1.2.

Точка	F , кН	Δl , мм	σ , МПа	ε	F , кН	Δl , мм	σ , МПа	ε
А								
Б								
В								
Г								
Д								
Е								

Таблица 1.3.

№ образца	$\sigma_{пц}$, МПа	σ_T , МПа	σ_B , МПа	S_K , МПа	δ , %	ψ , %
1						
2						

$\sigma, \text{МПа}$



0,3

0,2

0,1

Рис. 1.3. Диаграмма растяжения материала.

3

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №2
ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:

2. Характеристика образцов испытательного оборудования и приборов.

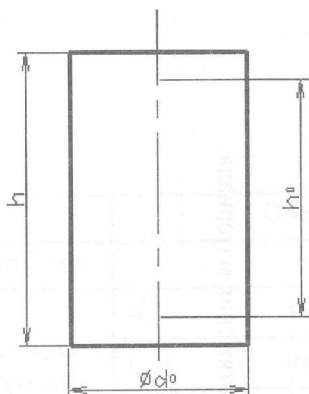


Рис. 2.1. Эскиз образца.

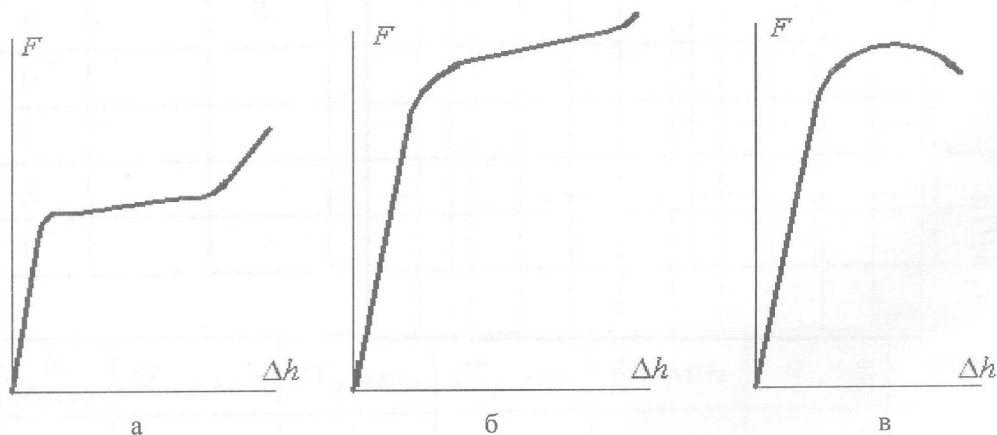


Рис. 2.2. Диаграммы сжатия образцов:

а) низкоуглеродистая сталь; б) конструкционная сталь; в) чугун.

Таблица 2.1.

	Образец №1		Образец №2		Образец №3	
Материал						
Размеры образцов, мм	$d_0 =$	$d_K =$	$d_0 =$	$d_K =$	$d_0 =$	$d_K =$
	$l_0 =$	$l_K =$	$l_0 =$	$l_K =$	$l_0 =$	$l_K =$
Площадь, мм ²	$A_0 =$	$A_K =$	$A_0 =$	$A_K =$	$A_0 =$	$A_K =$

Таблица 2.2.

№ образца	F_T , кН	F_{MAX} , кН
1		
2		
3		

Таблица 2.3.

№ образца	σ_T , МПа	σ_B , МПа
1		
2		
3		

Сравнение механических характеристик материалов при сжатии

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №3

ИСПЫТАНИЕ НА КРУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:

Испытание на кручение образцов материалов проводится с целью экспериментального определения механических характеристик при чистом сдвиге: модуля сдвига G , предела текучести τ_T и предела прочности τ_B , а также с целью оценки характера разрушения (сдвиг, отрыв).

2. Испытательное оборудование.

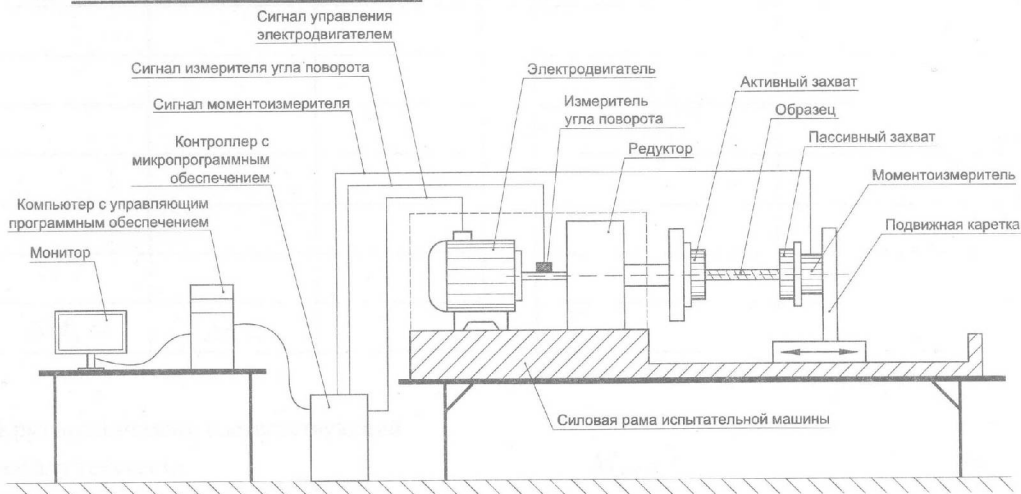


Рис. 3.1 Схема испытательной машины.

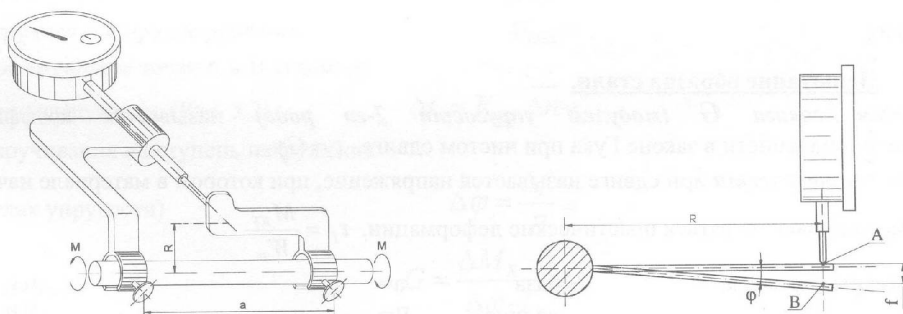


Рис. 3.2 Угломер Бояршинова и схема измерения угла закручивания.

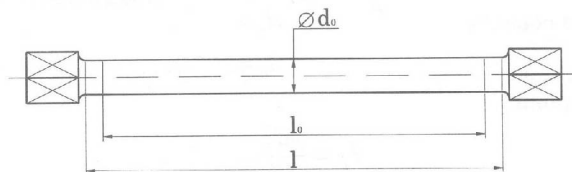


Рис. 3.3 Эскиз образца.

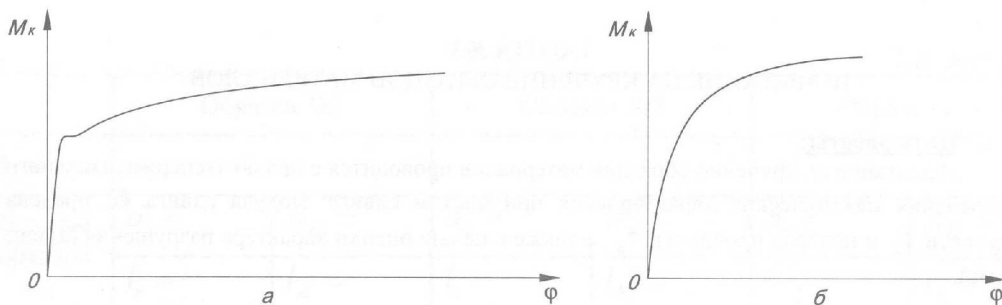


Рис. 3.4 Типовые диаграммы кручения образцов: а) сталь, б) чугун.

3. Испытание образца стали.

Модулем сдвига G (модулем упругости 2-го рода) называется коэффициент пропорциональности в законе Гука при чистом сдвиге. $\tau = G\gamma$

Пределом текучести при сдвиге называется напряжение, при котором в материале начинают интенсивно накапливаться пластические деформации. $\tau_T = \frac{M_{KT}}{W_P}$

Параметры угломера:	база	$a =$	мм.
	радиус	$R =$	мм.
Цена деления шкалы индикатора угломера:		$K_\phi =$	мм/дел.
Размеры рабочей части образца:		$d_0 =$	мм.
		$l_0 =$	мм.
Полярный момент инерции			
поперечного сечения		$I_P = \frac{\pi d_0^4}{32} =$	мм ⁴ .
Момент сопротивления кручению		$W_P = \frac{\pi d_0^3}{16} =$	мм ³ .

Результаты испытания образца стали

Таблица 3.1.

Крутящий момент, M_k , Нм	Показания угломера	
	n	Δn
$\Delta M_k =$	$\overline{\Delta n} =$	

Таблица 3.2.

Крутящий момент, M_k , Нм	Показания угломерного устройства

Крутящий момент, соответствующий

началу текучести

$$M_{KT} = \text{Нм.}$$

Максимальный крутящий момент

(при разрушении)

$$M_{KMAX} = \text{Нм.}$$

Угол закручивания при разрушении

$$\varphi_{max} = \text{рад.}$$

Взаимное смещение точек А и В угломера

на ступень нагружения (Рис. 3.2)

$$\Delta f = K_{\varphi} \cdot \overline{\Delta n} = \text{мм.}$$

Угол закручивания на ступень нагружения

(в пределах упругости)

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta f}{R} = \text{рад.}$$

Модуль сдвига

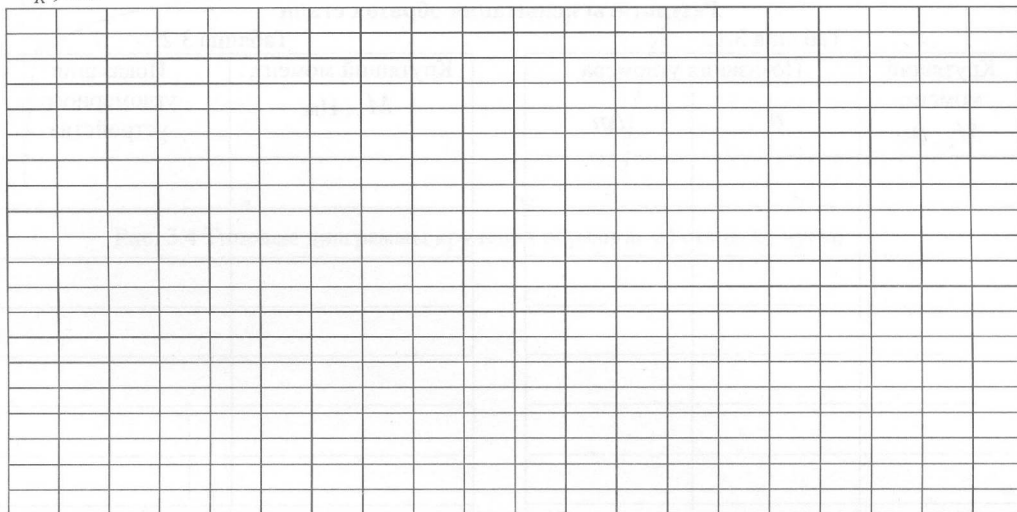
$$G = \frac{\Delta M_k \cdot a}{\Delta \varphi \cdot I_p} = \text{МПа.}$$

Предел текучести стали при сдвиге

$$\tau_T = \frac{M_{KT}}{W_p} = \text{МПа.}$$

Эскиз образца после испытаний

$M_K, \text{Нм}$



$\varphi, \text{рад}$

Рис. 3.5 Диаграмма кручения образца

4. Испытание образца чугуна.

Пределом прочности (условным) при сдвиге называется напряжение при разрушении.

Размеры рабочей части образца: $d_0 =$ мм.

$l_0 =$ мм.

Момент сопротивления кручению $W_P = \frac{\pi d_0^3}{16} =$ мм³.

Максимальный крутящий момент (при разрушении) $M_{KMAX} =$ Нм.

Угол закручивания при разрушении $\varphi_{max} =$ рад.

Предел прочности (условный) $\tau_B = \frac{M_{KMAX}}{W_P} =$ МПа.

Эскиз образца после испытаний

5. Сравнение механических характеристик материалов:

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ ИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:

2. Характеристика лабораторной установки.

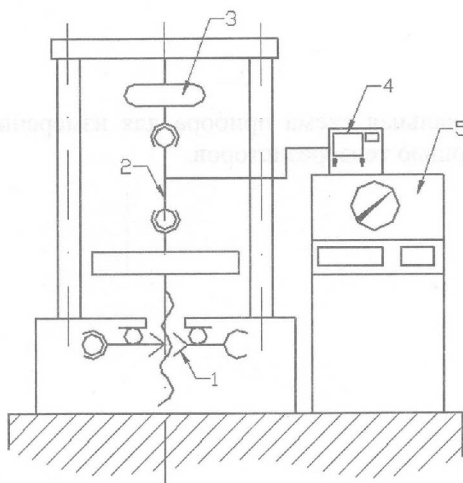


Рис.4.1. Схема лабораторной установки:

1 – силовозбуждающее устройство,
2 – образец, 3 – динамометр,
4 – измеритель деформации,
5 – пульт управления.

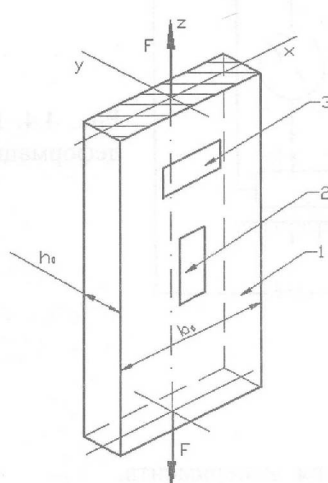


Рис.4.2. Эскиз рабочей части образца:

1 – образец,
2 – продольный тензорезистор,
3 – поперечный тензорезистор.

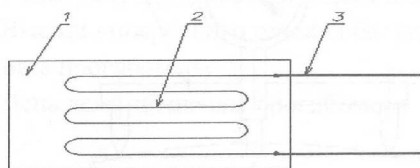
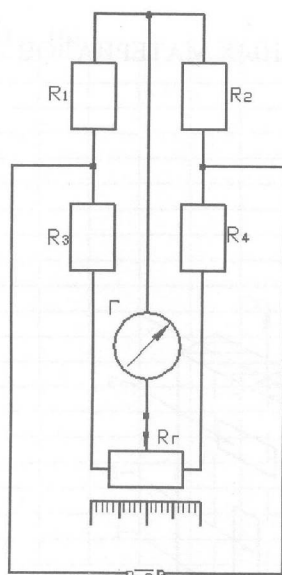


Рис. 4.3. Схема тензорезистора:

1 – подложка, 2 – тензочувствительный элемент, 3 – выводные проводники.



R_1 – сопротивление рабочего тензорезистора;
 R_2 – сопротивление компенсационного тензорезистора;
 R_3, R_4 – сопротивления встроенные в прибор;
 R_r – сопротивление реохорда;
 1 – шкала реохорда;
 Г – гальванометр;

Рис. 4.4. Принципиальная схема прибора для измерения деформаций с помощью тензорезисторов.

3. Результаты эксперимента.

3.1. Градуировка шкалы электронного измерителя деформации.

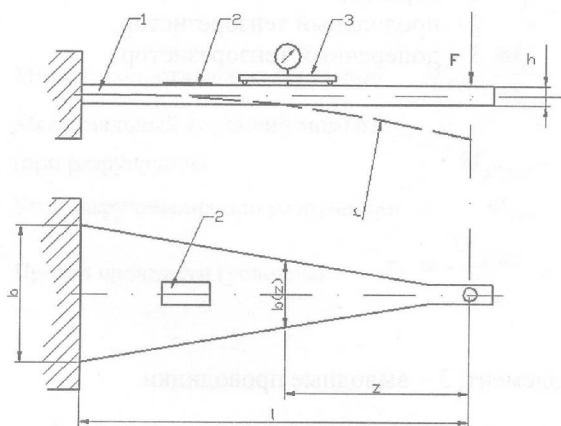


Рис. 4.5. Устройство для градуировки шкалы измерителя деформации:
 1 – балка, 2 – тензорезистор,
 3 – прогибомер.

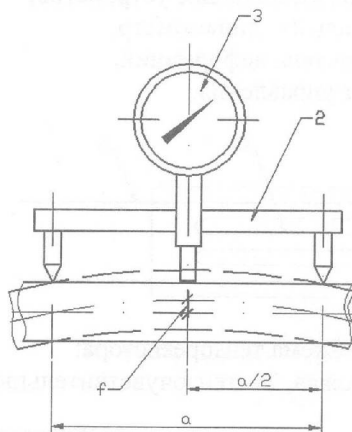


Рис. 4.6. Схема прогибомера:
 1 – балка, 2 – основание прогибомера,
 3 – индикатор часового типа.

Прогиб градуировочной балки $\Delta f = K_f \cdot \overline{\Delta n_f} =$

Линейная деформация $\Delta \varepsilon = \frac{4 \cdot \Delta f \cdot h}{a^2} =$

Цена деления шкалы измерителя деформаций $K_\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta n_\varepsilon} =$

3.2. Определение модуля упругости E и коэффициента Пуассона ν .

Размеры образца: $h_0 =$ мм, $b_0 =$ мм.

Площадь поперечного сечения $A_0 = h_0 \cdot b_0 =$ мм².

Таблица 4.2.

Нагрузка F, кН	Показания измерителя деформаций			
	Продольный тензорезистор		Поперечный тензорезистор	
	n_z	Δn_z	n_x	Δn_x
5				
10				
15				
20				
$\Delta F = 5 \text{ кН}$	$\overline{\Delta n_z} =$		$\overline{\Delta n_x} =$	

Приращение продольной деформации $\Delta \varepsilon_z = K_\varepsilon \cdot \overline{\Delta n_z} =$

Приращение поперечной деформации $\Delta \varepsilon_x = K_\varepsilon \cdot \overline{\Delta n_x} =$

Коэффициент Пуассона $\nu = \frac{\Delta \varepsilon_x}{\Delta \varepsilon_z} =$

Приращение нормального напряжения $\Delta \sigma_z = \frac{\Delta F}{A_0} =$

Модуль упругости 1-го рода $E = \frac{\Delta \sigma_z}{\Delta \varepsilon_z} =$

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №5 ПРЯМОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ

1. Цель работы:

2. Характеристика лабораторной установки

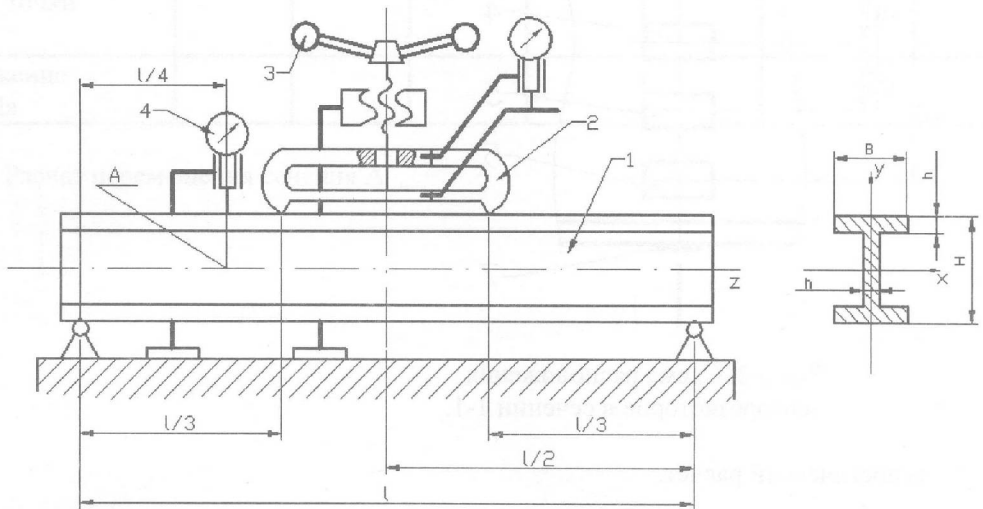


Рис. 5.1. Схема установки:

1 – стержень, 2 – динамометр, 3 – нагружающее устройство, 4 – прогибомер.

Размеры стержня и геометрические характеристики его поперечного сечения

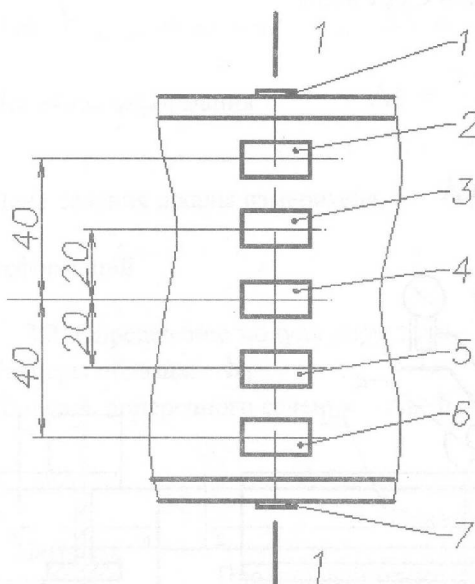
$l =$ мм, $H =$ мм, $B =$ мм, $h =$ мм.

Осей момент инерции
поперечного сечения стержня $I_X =$

Момент сопротивления
сечения стержня изгибу $W_X =$

Материал стержня: Алюминиевый сплав

Модуль упругости: $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа.



Цена деления шкалы прогибомера:

$$K_f = \text{мм/дел.}$$

Цена деления шкалы измерителя деформации:

$$K_\varepsilon = \text{1/дел.}$$

Рис.5.2. Схема расположения тензорезисторов в сечении 1-1.

3. Теоретический расчет.

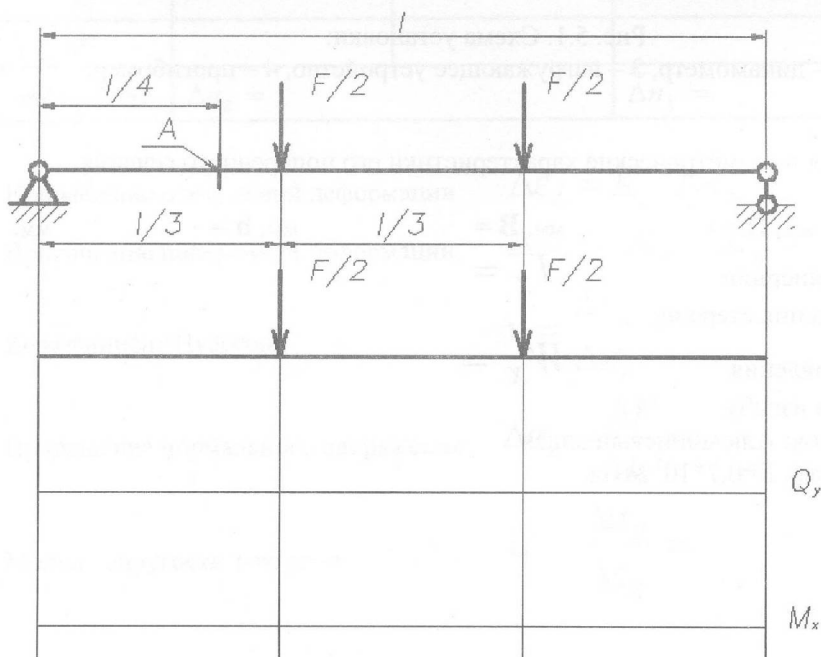


Рис.5.3. Расчетная схема стержня.

3.1. Расчет напряжений в точках сечения 1-1

$$M_x = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{3} =$$

Hmm,

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y =$$

Таблица 5.1.

№ точки	1	2	3	4	5	6	7
Коорд. точки у, мм							
Напряжение σ , МПа							

3.2. Расчет перемещения сечения А.

4. Результаты эксперимента.

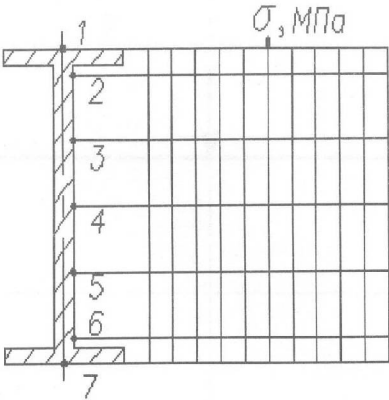
Таблица 5.2.

Нагрузка F, Н		0	1000	2000	3000
Номер тензорезистора	1	n_1			
		Δn_1			
	2	n_2			
		Δn_2			
	3	n_3			
		Δn_3			
	4	n_4			
		Δn_4			
	5	n_5			
		Δn_5			
	6	n_6			
		Δn_6			
	7	n_7			
		Δn_7			
Проги бомер	n_f				
	Δn_f				

Таблица 5.3.

№ точки	$\overline{\Delta n_i}$	$\Delta \varepsilon_i = K_\varepsilon \overline{\Delta n_i}$	$\Delta \sigma_i = E \cdot \Delta \varepsilon_i$ МПа.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
$\Delta n_f =$		$\overline{\nu_A = K_f \cdot \Delta n_f =}$	

5. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов.



Параметр	σ , МПа	ν_A , мм
Теория		
Эксперимент		
Погрешность, %		

Рис. 5.4. Эпюра нормальных напряжений.

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №6 КОСОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ

1. Цель работы:

2. Характеристика лабораторной установки.

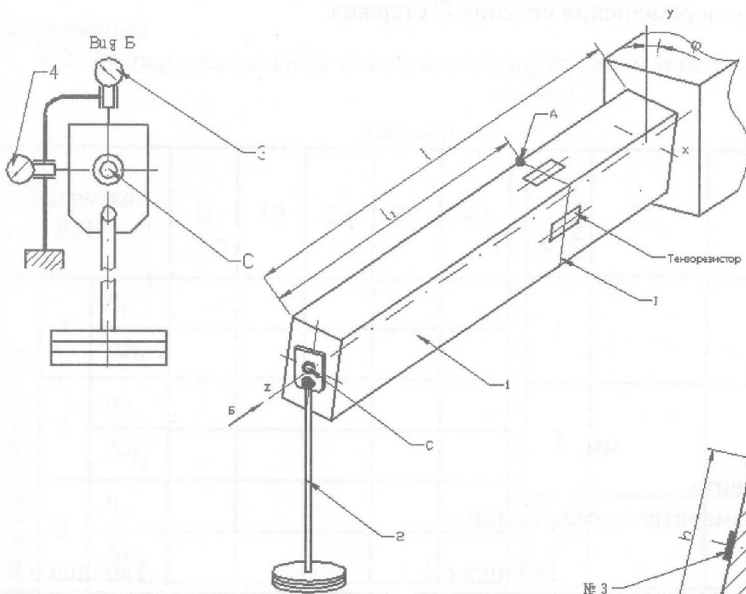


Рис.6.1. Схема установки:
1 – стержень, 2 – подвеска,
3 –прогибомер вертикальный,
4 – прогибомер горизонтальный

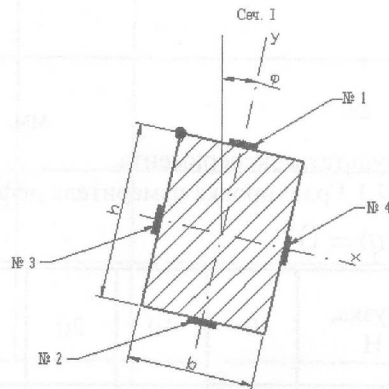


Рис.6.2. Схема расположения тензорезисторов в сеч. I

Размеры стержня и геометрические характеристики его поперечного сечения:
 $h = 24 \text{ мм}$, $b = 12 \text{ мм}$, $l = 700 \text{ мм}$, $l_1 = 650 \text{ мм}$.

Осевые моменты
инерции сечения

$$I_X = \frac{bh^3}{12} =$$

$$I_Y = \frac{hb^3}{12} =$$

Моменты сопротивления
изгибу

$$W_X = \frac{bh^2}{6} =$$

$$W_Y = \frac{hb^2}{6} =$$

Материал стержня: **сталь 45**, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Цена деления шкалы прогибомера: $K_f = 0,01 \text{ мм/дел}$.

3. Теоретический расчет.

3.1. Расчет напряжения в точке А стержня.

$$\sigma_A = \quad \text{МПа.}$$

3.2. Расчет полного перемещения сечения С стержня

$$f_c = \quad \text{мм.}$$

4. Результаты эксперимента.

4.1. Градуировка измерителя деформации.

$$\varphi = 0^0 \quad \text{Таблица 6.1.}$$

Нагрузка, F, Н		0	10	20	30	40
Номер тензорезистора	1	n_1				
		Δn_1				
	2	n_2				
		Δn_2				

Таблица 6.2.

№ точки	$\overline{\Delta n_i}$	$\overline{\Delta n_\epsilon} = \frac{\sum \Delta n_i }{2}$
1		
2		

Экспериментальное значение линейной деформации на ступень нагружения

$$\Delta \epsilon = K_\epsilon \cdot \overline{\Delta n_\epsilon}$$

Теоретическое значение деформации $\Delta\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{E}$

Нормальное напряжение $\Delta\sigma = \frac{\Delta M_x}{W_x} = \frac{\Delta F l_I}{W_x} =$

Цена деления шкалы измерителя деформации $K_\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{E \cdot \Delta n_\varepsilon} =$

4.2. Экспериментальные значения по напряжениям и перемещениям

$\varphi =$

Таблица 6.3.

Нагрузка F, Н			0	10	20	30	40
Номер тензорезистора	1	n_1					
		Δn_1					
	2	n_2					
		Δn_2					
	3	n_3					
		Δn_3					
	4	n_4					
		Δn_4					
Прогибомер	Верг.	n_v					
		Δn_v					
	Гориз	n_h					
		Δn_h					

Таблица 6.4.

№ точки	$\overline{\Delta n_i}$	$\Delta\varepsilon_i = K_\varepsilon \overline{\Delta n_i}$
1		
2		
3		
4		
$\overline{\Delta n_v} =$		$\Delta f_v = K_f \cdot \overline{\Delta n} =$
$\overline{\Delta n_h} =$		$\Delta f_h = K_f \cdot \overline{\Delta n} =$

$$\Delta\sigma_A = E \left(\frac{\Delta\varepsilon_1 + |\Delta\varepsilon_2|}{2} + \frac{\Delta\varepsilon_3 + |\Delta\varepsilon_4|}{2} \right) =$$

$$\Delta f_c = \sqrt{\Delta f_v^2 + \Delta f_h^2} =$$

Параметры	σ_A , МПа	f_c , мм
Теория		
Эксперимент		
Погрешность, %		

Подпись преподавателя:

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО СТЕРЖНЯ ПРИ ИЗГИБЕ

1. Цель работы:

2. Характеристика лабораторной установки.

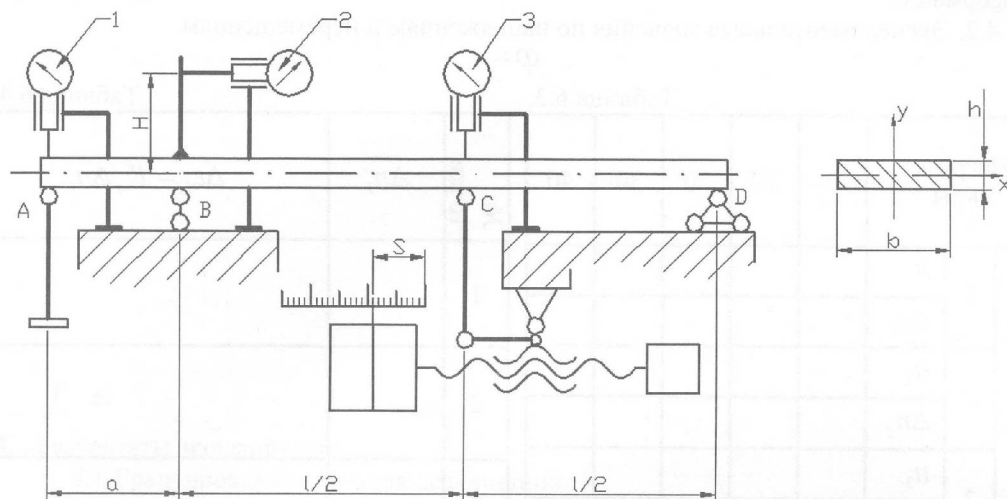


Рис. 7.1. Схема установки:
1,3 – прогибомер, 2 – угломер.

Размеры стержня и геометрические характеристики его поперечного сечения
 $l=600$ мм, $a = 200$ мм, $b = 30$ мм, $h = 4$ мм, $H = 100$ мм.

Осей момент инерции сечения
$$I_x = \frac{bh^3}{12} =$$

Момент сопротивления сечения
$$W_x = \frac{bh^2}{6} =$$

изгибу

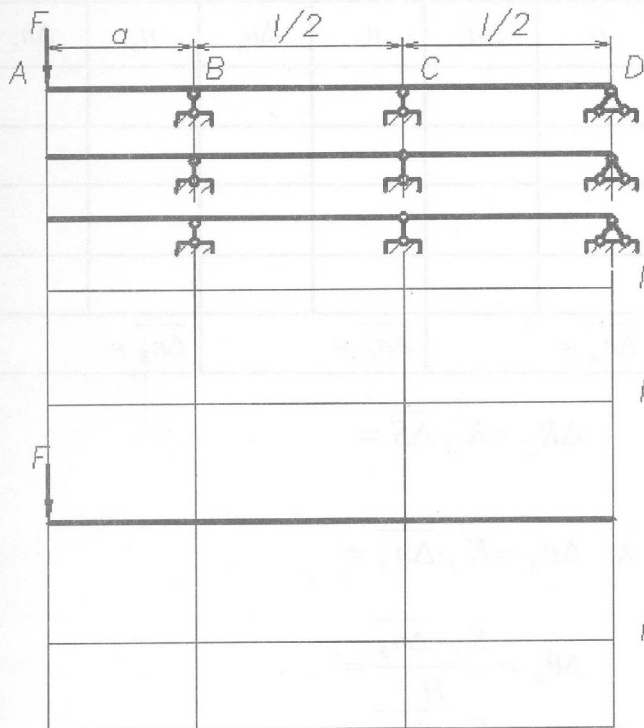
Материал стержня: **Сталь 45**, модуля упругости $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

S – смещение грузов от положения равновесия в мм.

Цена деления шкалы смещения грузов $K_s =$ Н/мм

Цена деления прогибомера и угломера $K_f =$ мм/дел.

3. Теоретический расчет.



Заданная система

Основная система

Эквивалентная система

$$M_{XF} \quad \delta_{11} X_1 + \delta_{1F} = 0$$

$$\delta_{11} =$$

$$M_{X1} \delta_{1F} =$$

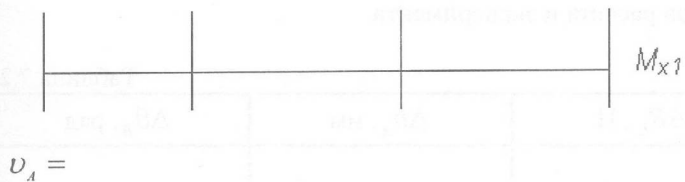
$$X_1 =$$

$$R_B =$$

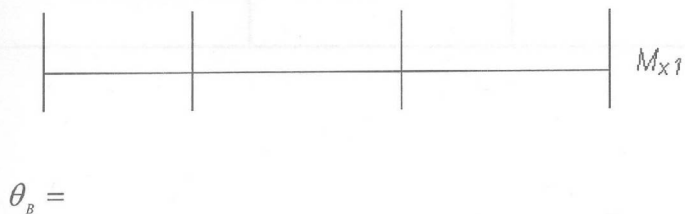
$$R_c =$$

$$M_x R_D =$$

3.1. Перемещение сечения А



3.2. Угол поворота сечения В



Упругая линия балки

4. Результат эксперимента.

Таблица 7.1.

Сила F , Н	Смещение грузов		Прогибомер сечение А		Прогибомер сечение С		Угломер сечение В	
	S , мм	ΔS , мм	n_A	Δn_A	n_C	Δn_C	n_B	Δn_B
0								
10								
20								
30								
$\Delta F = 10$ Н	$\overline{\Delta S} =$	мм	$\overline{\Delta n_A} =$		$\overline{\Delta n_C} =$		$\overline{\Delta n_B} =$	

Величина опорной реакции в $\Delta R_C = K_S \cdot \overline{\Delta S} =$

точке С

Линейное перемещение сечения А $\Delta v_A = K_f \cdot \overline{\Delta n_A} =$

Угол поворота сечения В $\Delta \theta_B = \frac{K_f \cdot \overline{\Delta n_B}}{H} =$

Линейное перемещение сечения С $\Delta v_C = K_f \cdot \overline{\Delta n_C} =$

5. Сопоставление результатов расчета и эксперимента

Таблица 7.2.

Параметр	ΔR_C , Н	Δv_A , мм	$\Delta \theta_B$, рад
Теория			
Эксперимент			
Погрешность, %			

Подпись преподавателя _____

ДЛЯ ЗАМЕТОК