

Московский государственный технический университет имени
Н.Э.Баумана

Ж У Р Н А Л

лабораторных занятий по курсу

Сопротивление материалов

Часть I

Фамилия и инициалы студента _____

Факультет _____ Группа _____ 20____ учебный год

РАБОТА №1
ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:
2. Характеристика образцов и испытательного оборудования.

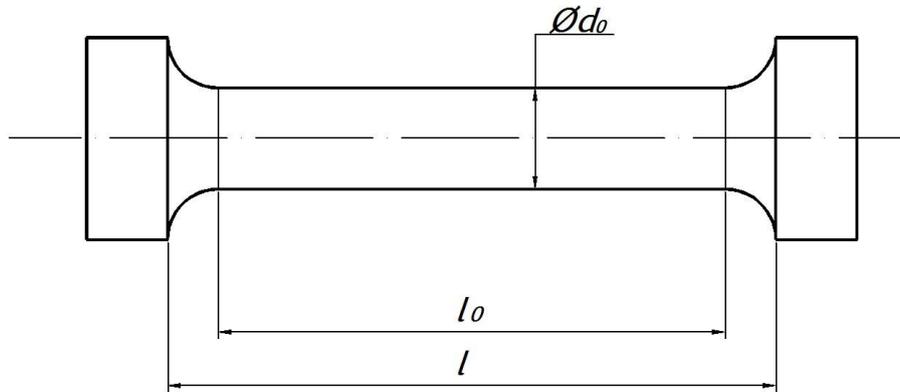


Рис. 1.1 Эскиз образца

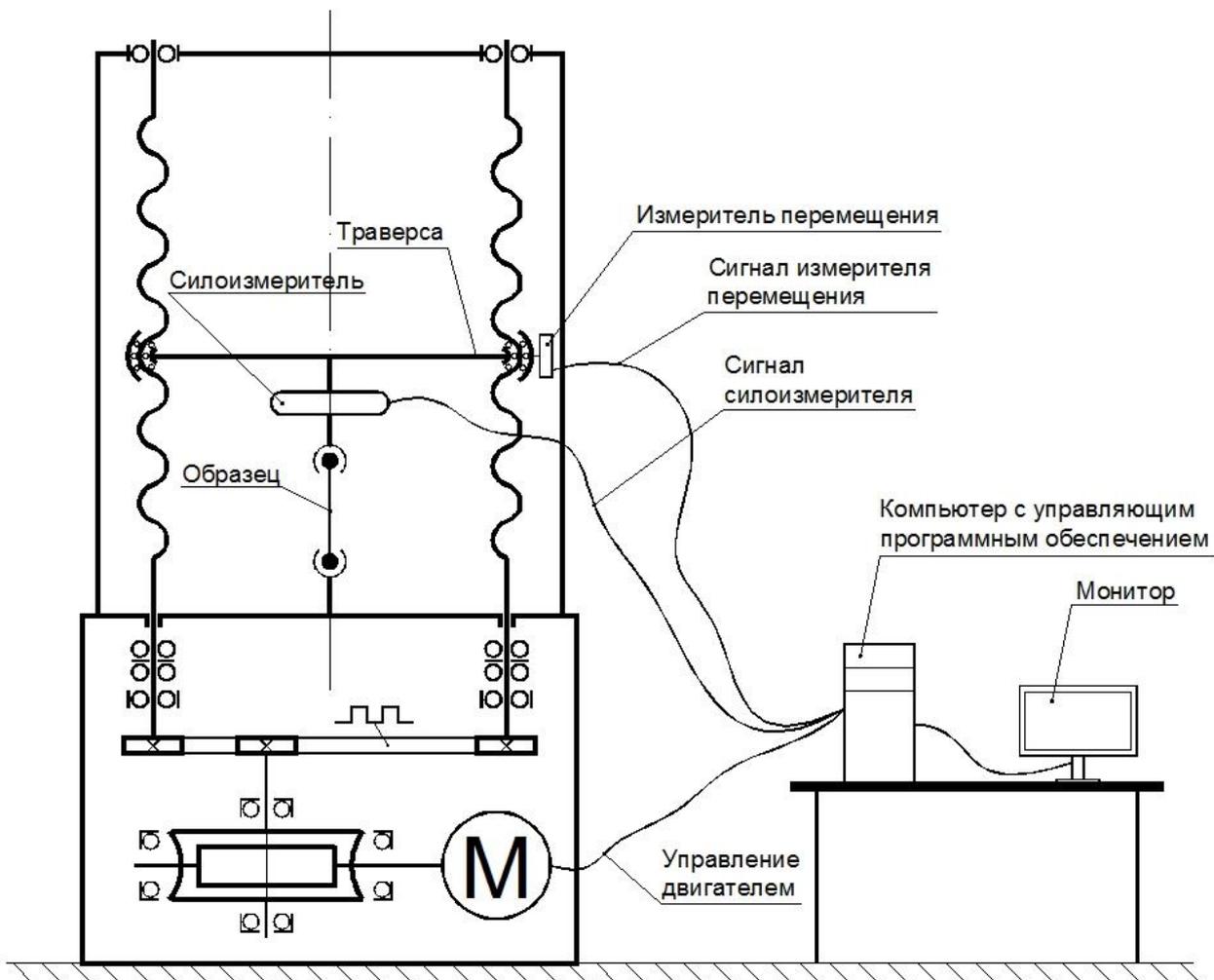


Рис 1.2 Схема испытательной машины

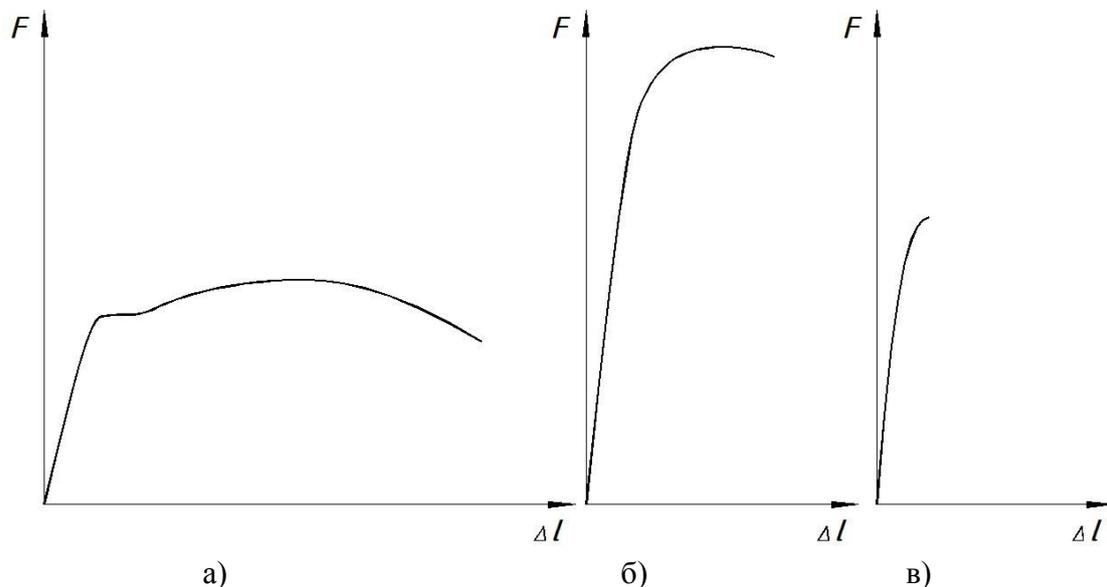


Рис. 1.3 Диаграммы растяжения образцов

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

Модулем упругости 1-го рода E (модулем Юнга), называется коэффициент пропорциональности в законе Гука

$$\sigma = E\varepsilon$$

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

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{F_{\text{пц}}}{A_0}$$

Условным пределом пропорциональности 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 $\sigma_{\text{т}}$ называется напряжение, при котором в материале начинают интенсивно накапливаться остаточные (пластические) деформации без заметного увеличения нагрузки

$$\sigma_{\text{т}} = \frac{F_{\text{т}}}{A_0}$$

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 $\sigma_{\text{в}}$ называется отношение максимальной нагрузки, воспринятой образцом при его испытании до разрушения, к первоначальной площади поперечного сечения образца

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{F_{\text{max}}}{A_0}$$

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

$$S_k = \frac{F_{\text{раз}}}{A_{\text{min}}}$$

$$A_{\text{min}} = \frac{\pi d_{\text{min}}^2}{4}$$

d_{min} – диаметр шейки в месте разрыва.

Относительное удлинение после разрыва $\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%$.

Относительное сужение после разрыва $\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100\%$.

Геометрические размеры образцов

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	$F, \text{кН}$	$\Delta l, \text{мм}$	$\sigma, \text{МПа}$	ε	$F, \text{кН}$	$\Delta l, \text{мм}$	$\sigma, \text{МПа}$	ε
А								
Б								
В								
Г								
Д								
Е								

Результаты расчёта

Таблица 1.3

№ образца	$\sigma_T, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$S_k, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$
1					
2					

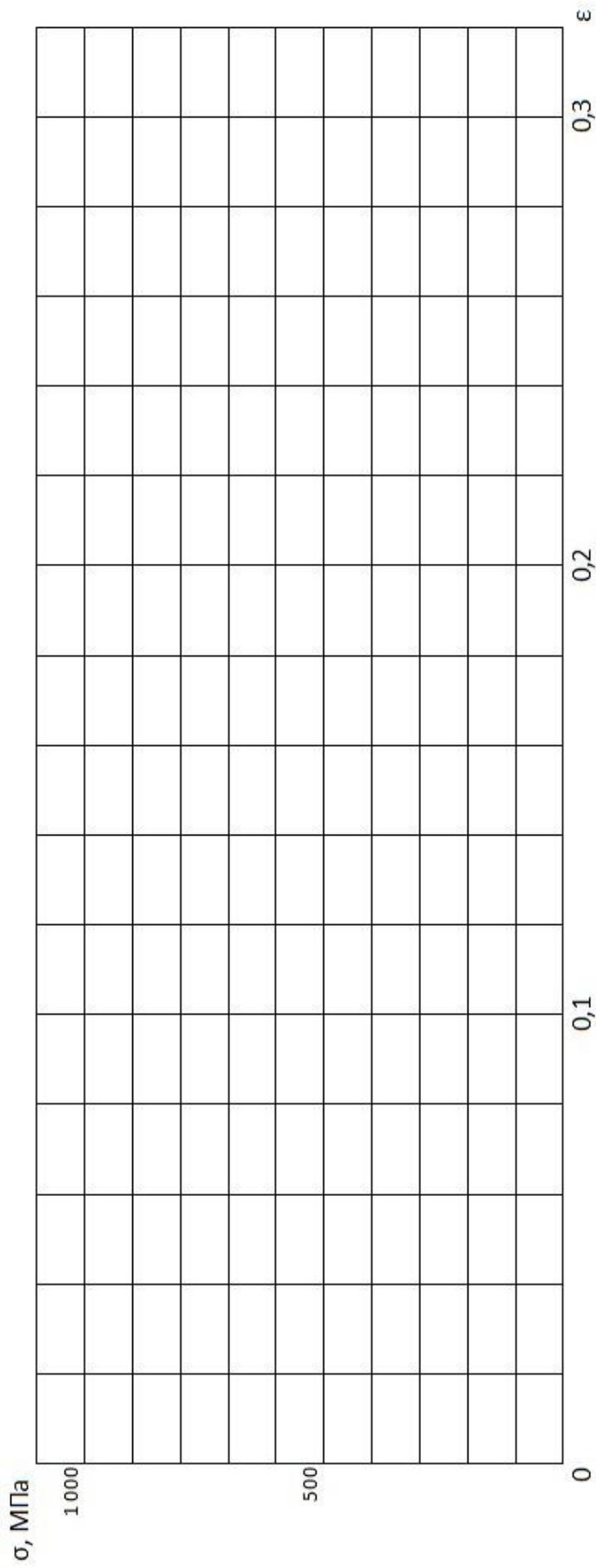


Рис. 1.4. Диаграмма растяжения материала

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №2
ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:

2. Характеристика образцов и испытательного оборудования.

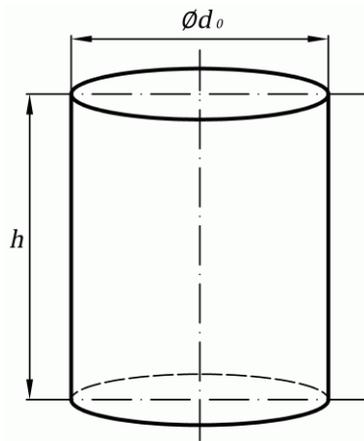


Рис. 2.1 Эскиз образца

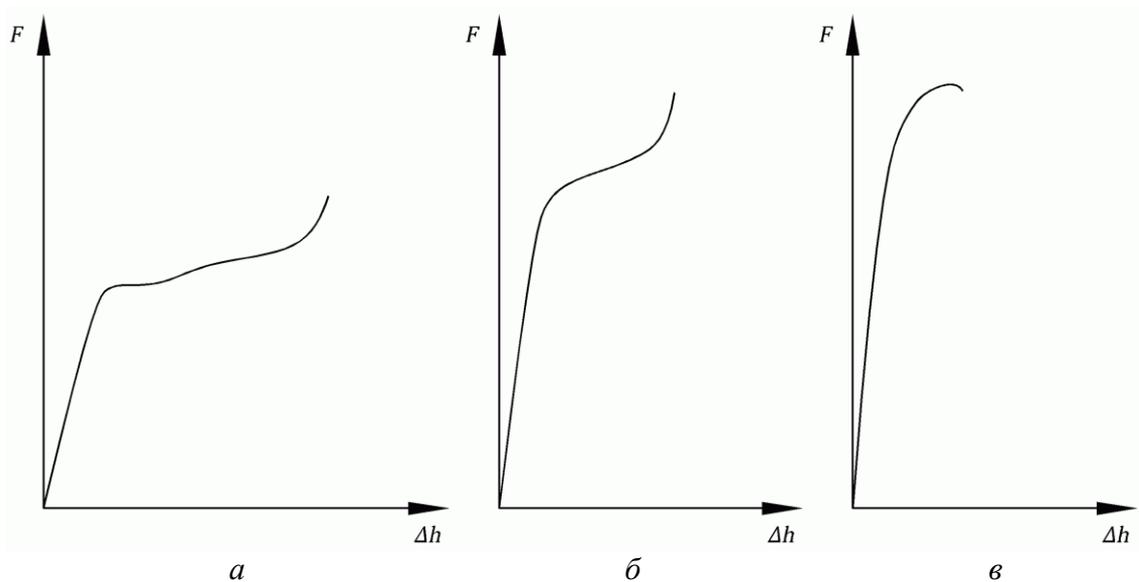


Рис. 2.2 Диаграммы сжатия образцов:
а) низкоуглеродистая сталь,
б) конструкционная сталь,
в) чугун.

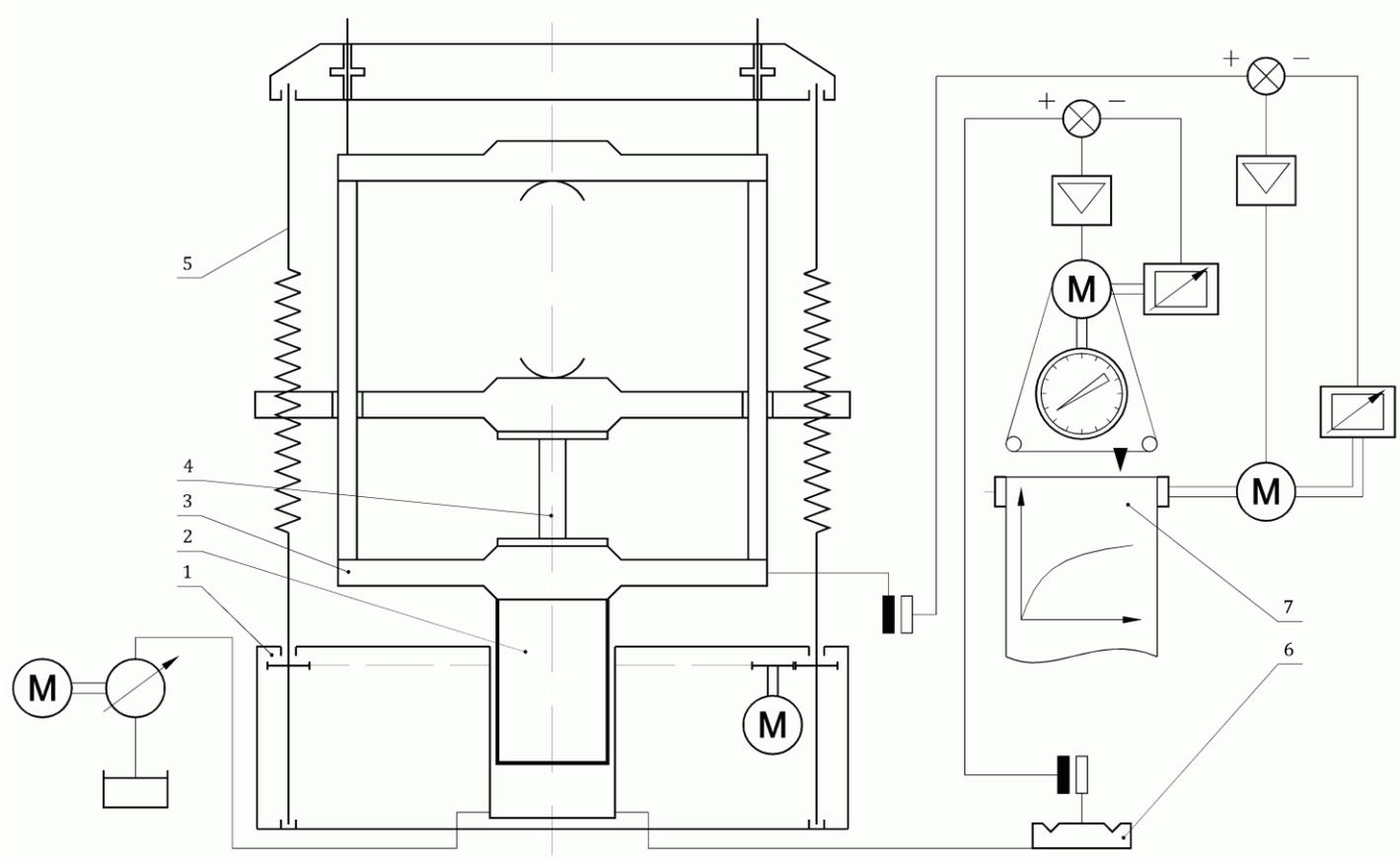


Рис. 2.3 Схема универсальной испытательной машины EU-20:
 1- основание станины, 2- гидроцилиндр, 3- силовая рама, 4- образец, 5- колонна,
 6- силоизмеритель, 7- диаграммный аппарат.

Геометрические размеры образцов

Таблица 2.1

	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Материал			
Размеры образцов, мм	$d_0=$	$d_0=$	$d_0=$
	$h=$	$h=$	$h=$
Площадь, мм ²	$A_0=$	$A_0=$	$A_0=$

Результаты испытаний образцов

Таблица 2.2

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

Результаты расчёта

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:
2. Характеристика образцов и испытательного оборудования.

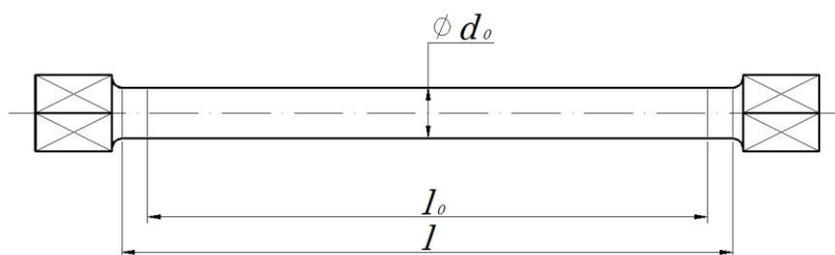


Рис. 3.1 Эскиз образца

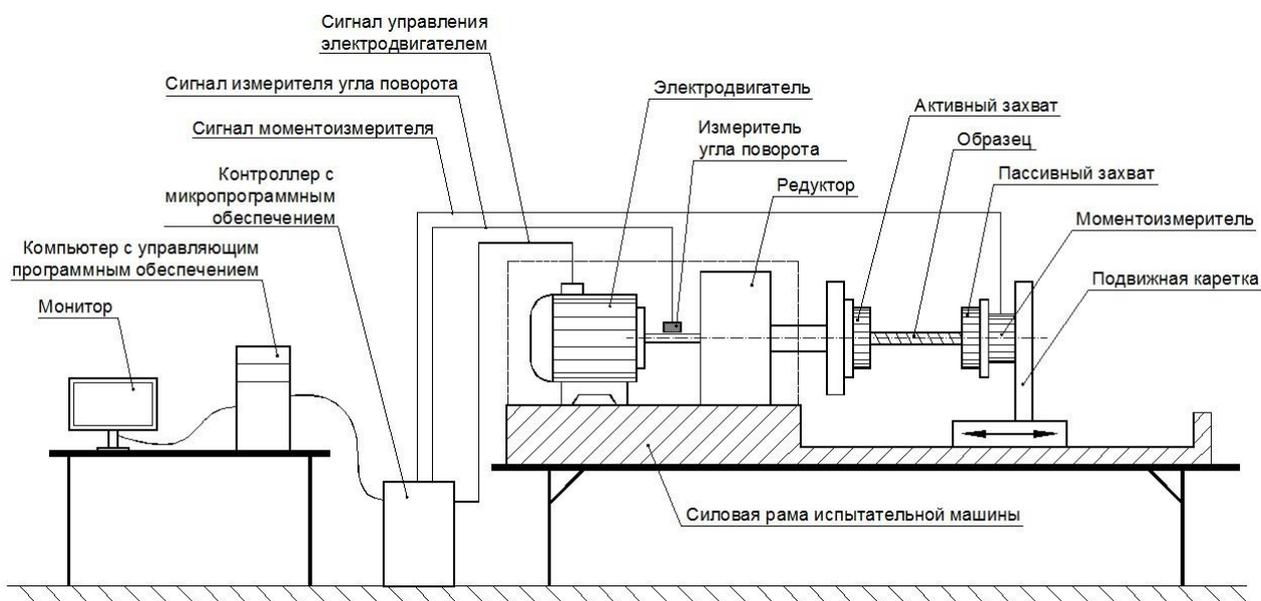


Рис. 3.2 Схема испытательной машины.

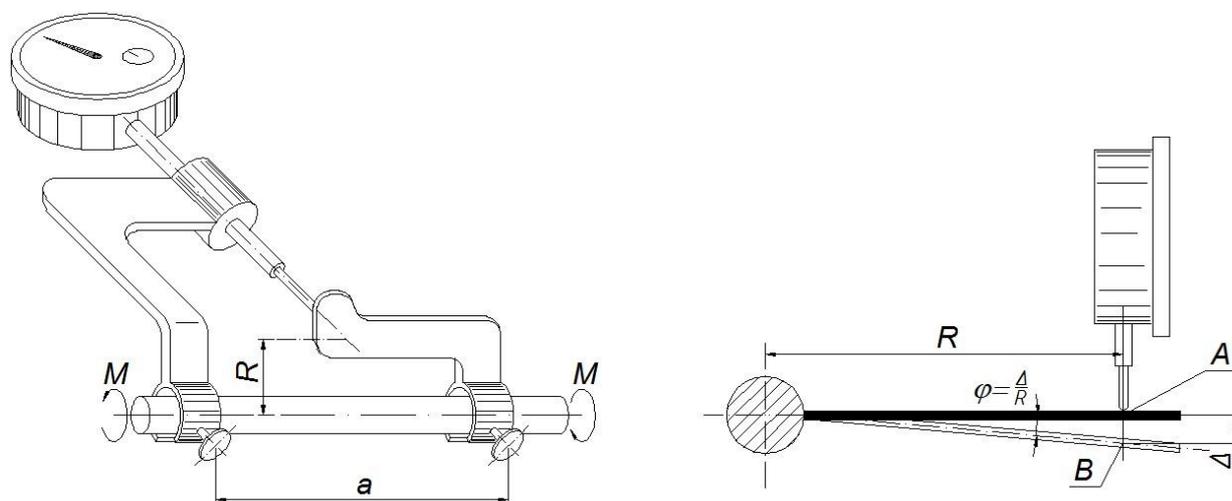


Рис. 3.3 Угломер Бояршинова и схема измерения угла закручивания.

3. Механические характеристики материалов.

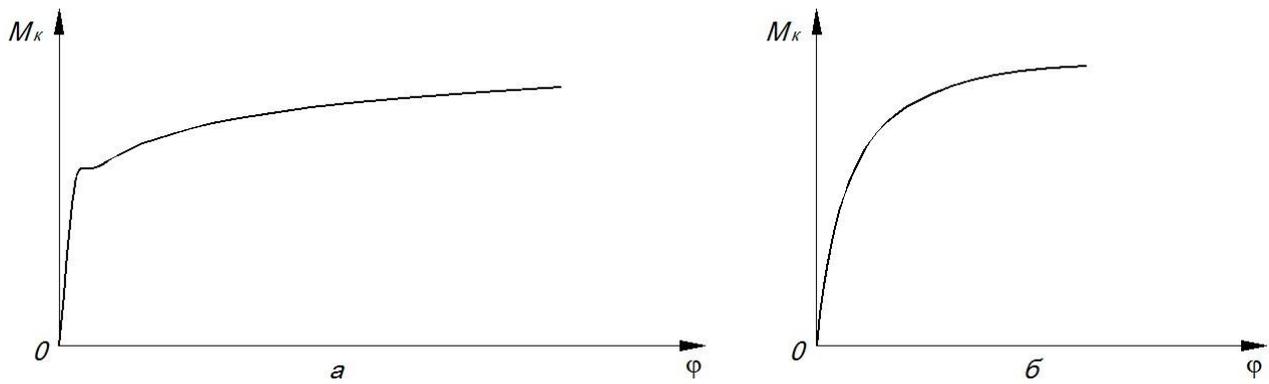


Рис. 3.4 Типовые диаграммы кручения образцов: а) сталь, б) чугун.

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

$$\tau_T = \frac{M_{кр}}{W_p} .$$

Параметры угломера:	база	$a =$	$мм .$
	радиус	$R =$	$мм .$
Цена деления шкалы индикатора угломера:		$K_\varphi =$	$мм / дел .$
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		$W_p = \frac{\pi d_0^3}{16} =$	$мм^3 .$

Таблица 3.1

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

Таблица 3.2

Точка	Крутящий момент M_k , Нм	Показания угломерного устройства
А		
Б		
В		
Г		
Д		
Е		

Крутящий момент, соответствующий

началу текучести

$$M_{KT} =$$

Нм.

Максимальный крутящий момент

(при разрушении)

$$M_{KMAX} =$$

Нм.

Угол закручивания при разрушении

$$\varphi_{max} =$$

рад.

Взаимное смещение точек А и В угломера

на ступень нагружения (Рис. 3.3)

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

мм.

Угол закручивания на ступень нагружения

(в пределах упругости)

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta f}{R} =$$

рад.

Модуль сдвига

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

МПа.

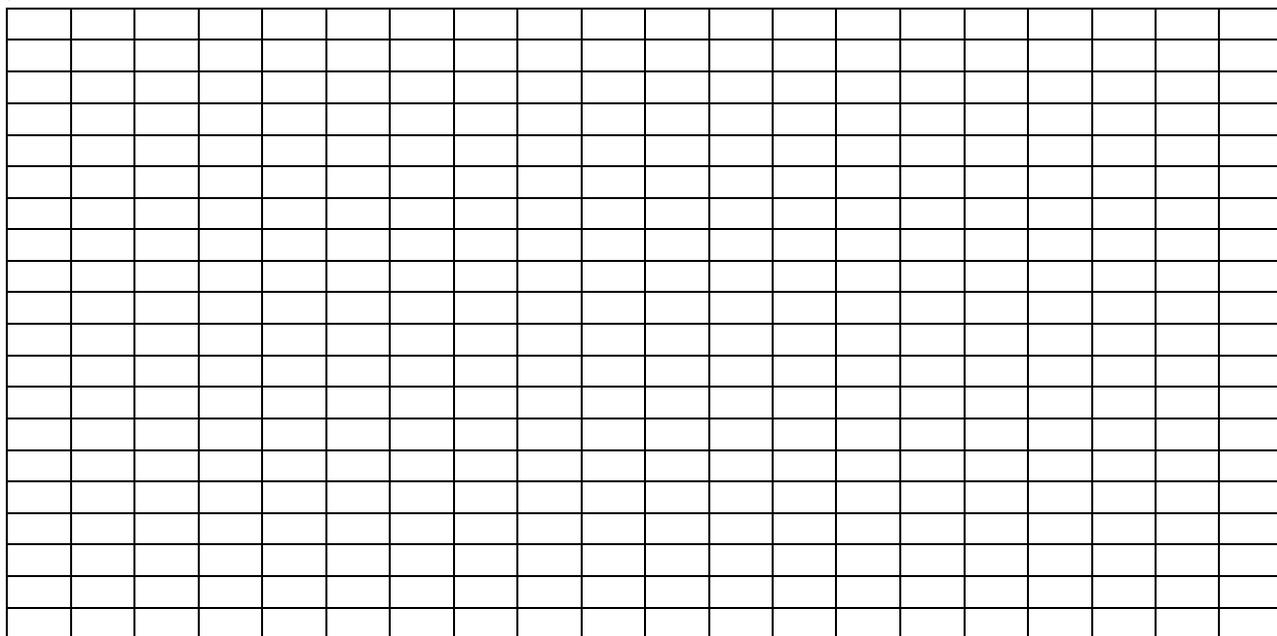
Предел текучести стали при сдвиге

$$\tau_T = \frac{M_{KT}}{W_p} =$$

МПа.

Эскиз образца после испытаний

$M_K, \text{Нм}$



$\varphi, \text{рад}$

Рис. 3.5 Диаграмма кручения образца

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) $M_{\kappa \max} =$ Нм.

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

Предел прочности (условный) $\tau_{\text{в}} = \frac{M_{\kappa \max}}{W_p} =$ МПа.

Эскиз образца после испытаний

4. Сравнение механических характеристик материалов:

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННЫХ УПРУГОСТИ ИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы:

2. Характеристика лабораторной установки.

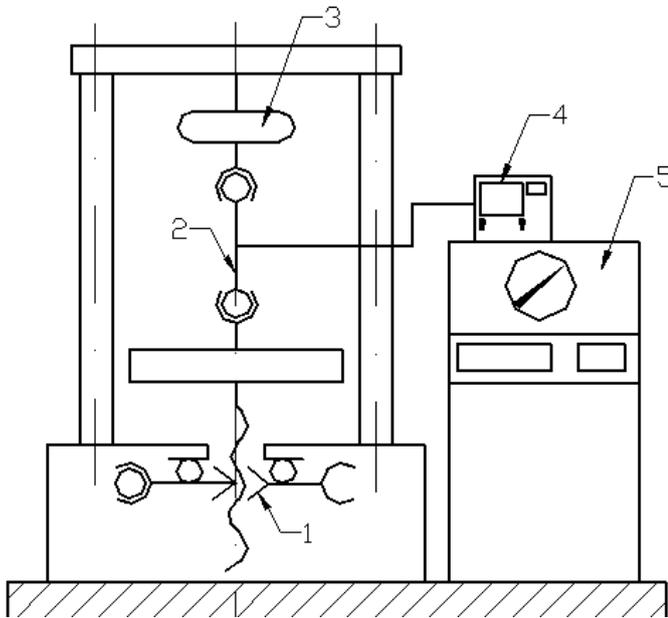


Рис. 4.1 Схема лабораторной установки:

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

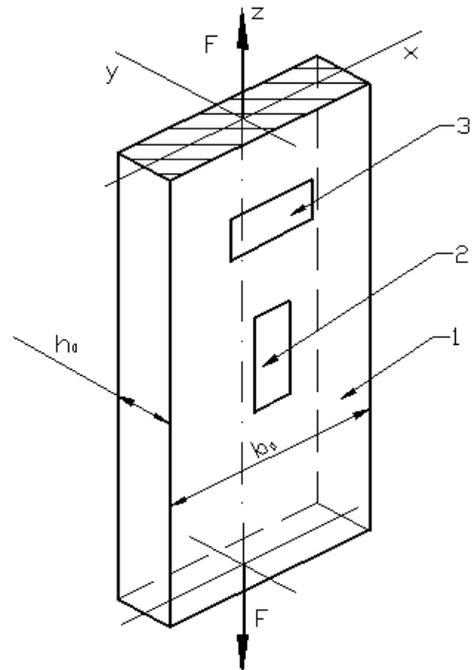


Рис. 4.2 Эскиз рабочей части образца:

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

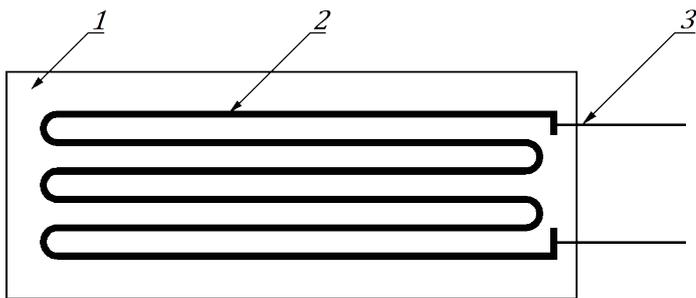
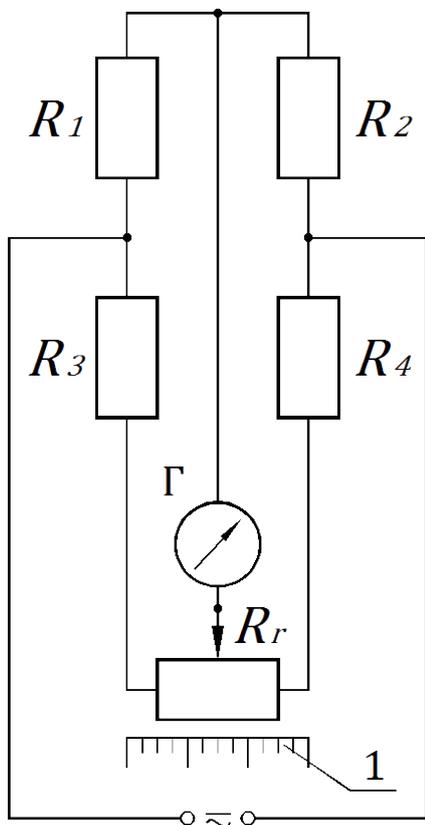


Рис. 4.3 Схема тензорезистора:

- 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;
 1 - шкала реохорда;
 Γ - гальванометр.

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

3. Результаты эксперимента.

3.1 Градуировка шкалы электронного измерителя деформаций.

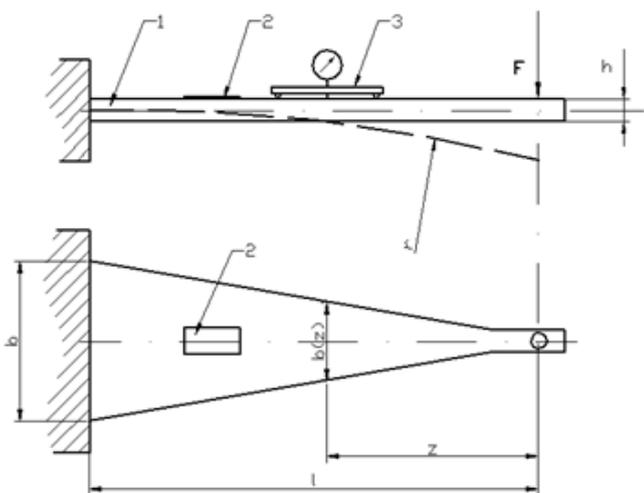


Рис. 4.5 Устройство для градуировки шкалы измерителя деформаций:

1 - балка, 2 - тензорезистор,
 3- прогибомер.

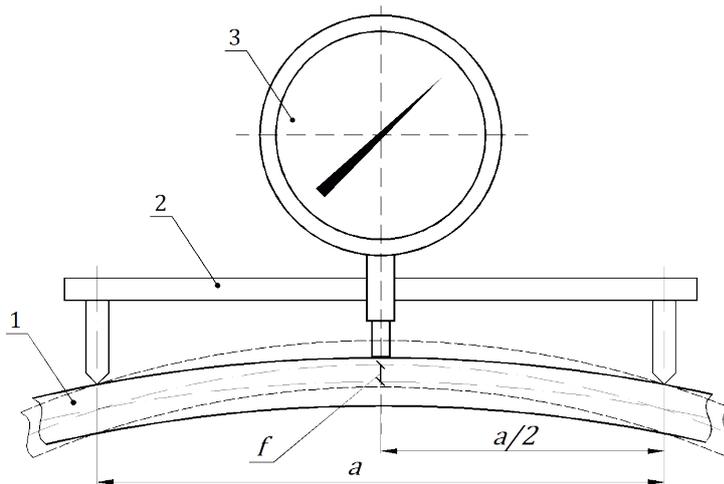


Рис. 4.6 Схема прогибомера:

1- балка, 2- основание прогибомера,
 3- индикатор часового типа.

Размеры градуировочной балки и параметры прогибомера:

Высота поперечного сечения балки $h =$ мм.
 База прогибомера $a =$ мм.
 Цена деления шкалы прогибомера $K_f =$ мм/дел.

Таблица 4.1

Нагрузка P, H	Показания прогибомера		Показания измерителя деформаций	
	n_f	Δn_f	n_ε	Δn_ε
0				
20				
40				
$\Delta P = 20H$	$\overline{\Delta n_f} =$		$\overline{\Delta n_\varepsilon} =$	

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 $K_\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta n_\varepsilon} =$

2.3. 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 $\nu = \left| \frac{\Delta \varepsilon_x}{\Delta \varepsilon_z} \right| =$

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

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.

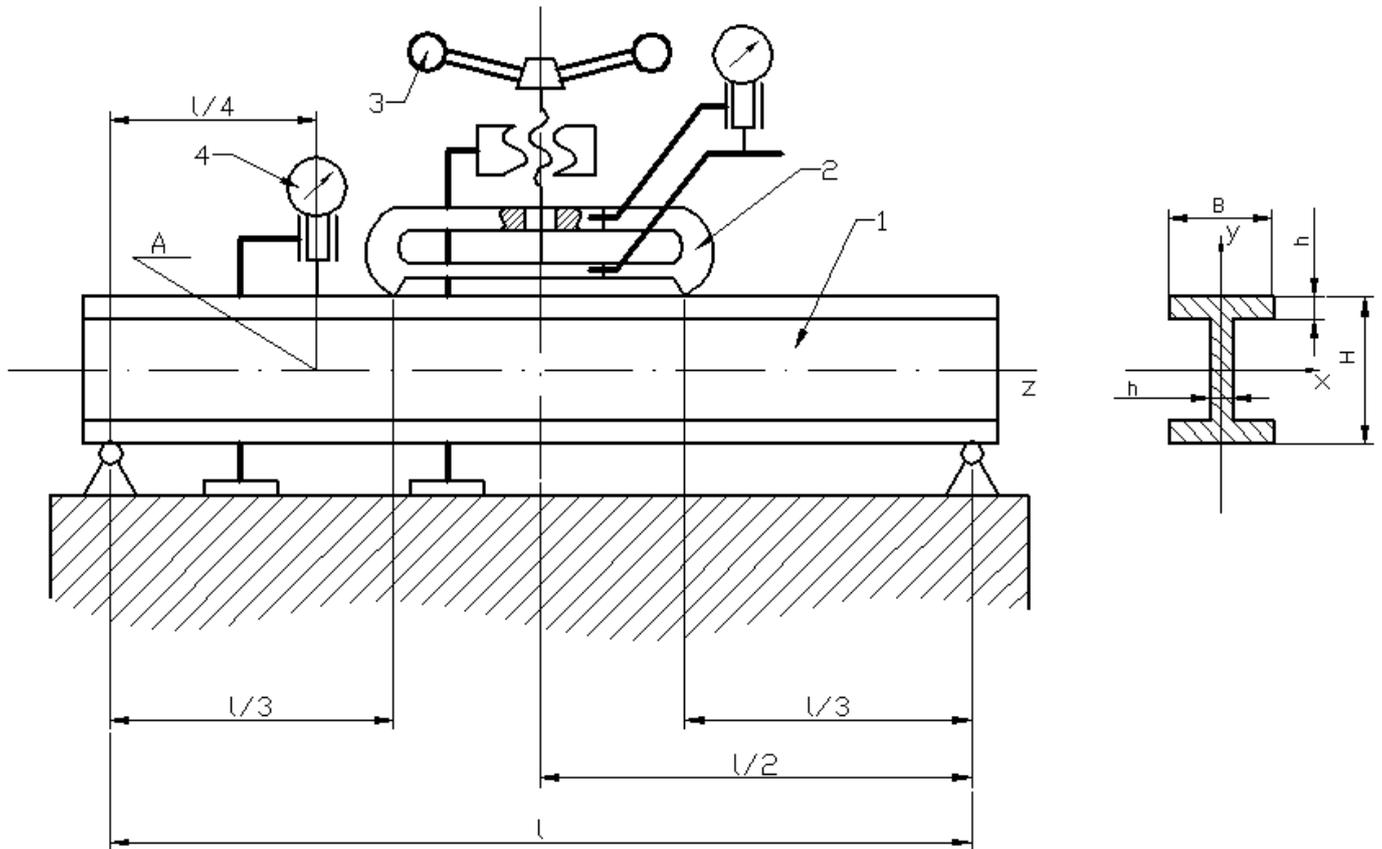


Рис. 5.1 Схема установки:

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

Размеры стержня и геометрические характеристики его поперечного сечения

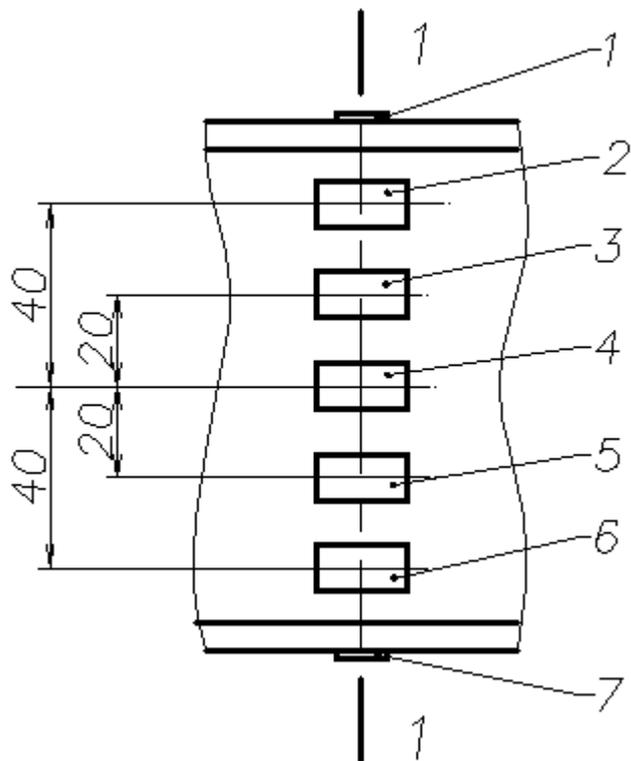
I= мм, **H**= мм, **B**= мм, **h**= мм.

Осей момент инерции **I_x**=
поперечного сечения стержня

Момент сопротивления **W_x**=
сечения стержня изгибу

Материал стержня: Алюминиевый сплав

Модуль упругости: **E=0,7*10⁵ МПа.**



Цена деления шкалы прогибомера:

$$K_f = \quad \text{мм/дел.}$$

Цена деления шкалы измерителя деформации:

$$K_\varepsilon = \quad \text{1/дел.}$$

Рис.5.2 Схема расположения тензорезисторов в сечении 1-1

3. Теоретический расчёт.

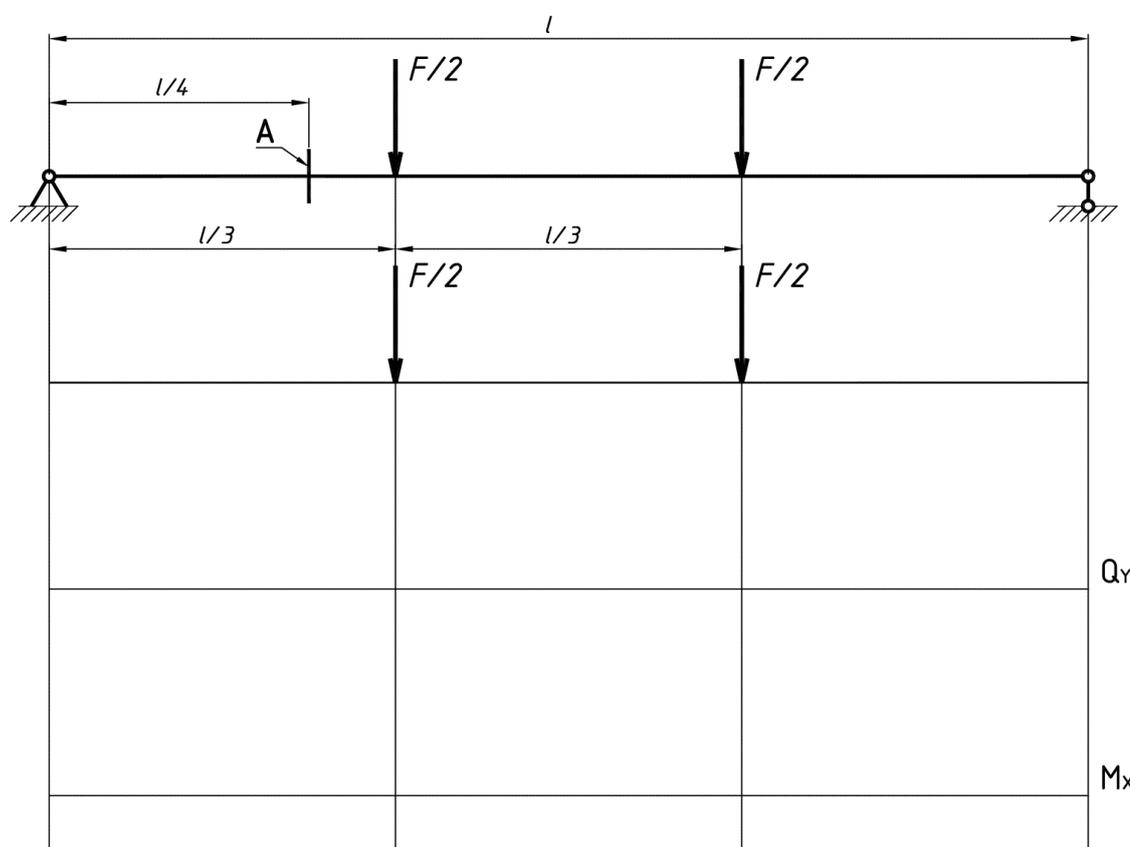


Рис.5.3
Расчётная
схема
стержня

3.1 Расчёт напряжений в точках сечения 1-1

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

Нмм

$$\sigma = \frac{M_X}{I_X} y =$$

Таблица 5.1.

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

3.2 Расчёт 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			
Прогиб 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			
$\Delta n_f =$		$v_A = K_f \cdot \overline{\Delta n_f} =$	

5. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов

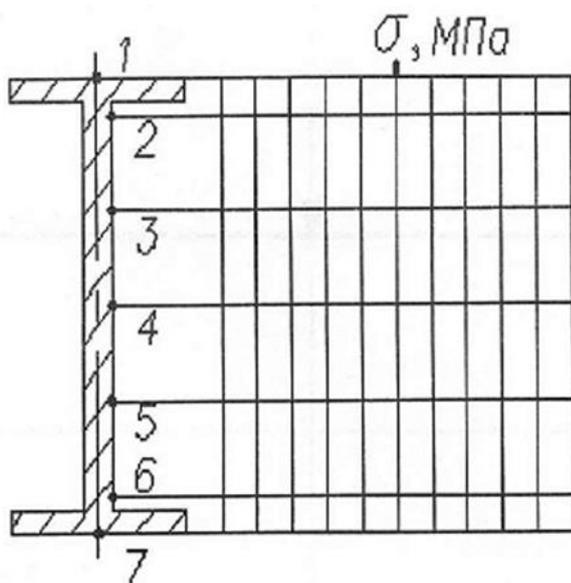


Рис. 5.4 Эпюра нормальных напряжений

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

Подпись преподавателя _____

РАБОТА №6
КОСОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ

1. Цель работы:

2. Характеристика лабораторной установки.

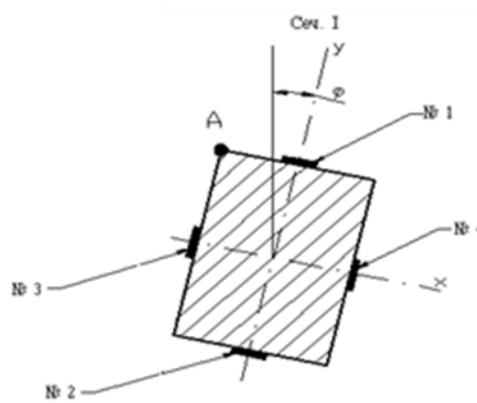
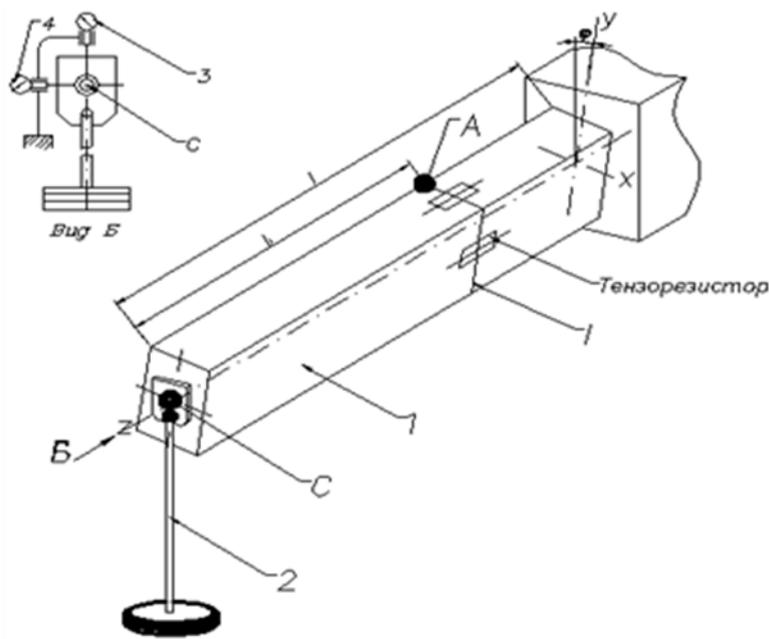


Рис. 6.1 Схема установки:

1 – стержень, 2 – подвеска,
3 – прогибомер вертикальный,
4 – прогибомер горизонтальный.

Рис. 6.2 Схема расположения тензорезисторов в сеч. 1

Размеры стержня и геометрические характеристики его поперечного сечения:

$h=24$ мм, $b=12$ мм, $l=700$ мм, $l_1=650$ мм.

Осевые моменты
инерции сечения

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

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

Моменты сопротивления
изгибу

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

$$W_Y = \frac{b^2h}{6} =$$

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

Цена деления шкалы прогибомера: $K_f=0,01$ мм/дел.

3. Теоретический расчёт.

3.1 Расчёт напряжения в точке А стержня.

$$\sigma_A = \quad \text{МПа}$$

3.2 Расчёт полного перемещения сечения С стержня.

$$f_C = \quad \text{мм.}$$

4. Результаты эксперимента.

4.1 Градуировка измерителя деформации.

$$\varphi = 0^\circ$$

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	$\overline{\Delta n_i}$	$\overline{\Delta n_\varepsilon} = \frac{\sum \Delta n_i }{2}$
2		

Экспериментальное значение линейной деформации на ступень нагружения

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

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

Нормальное напряжение $\Delta\sigma = \frac{\Delta M_{\chi}}{W_{\chi}} = \frac{\Delta F l_I}{W_{\chi}} =$

Цена деления шкалы измерителя деформации

$$K_{\varepsilon} = \frac{\Delta\sigma}{E \cdot n_{\varepsilon}} =$$

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 _____

