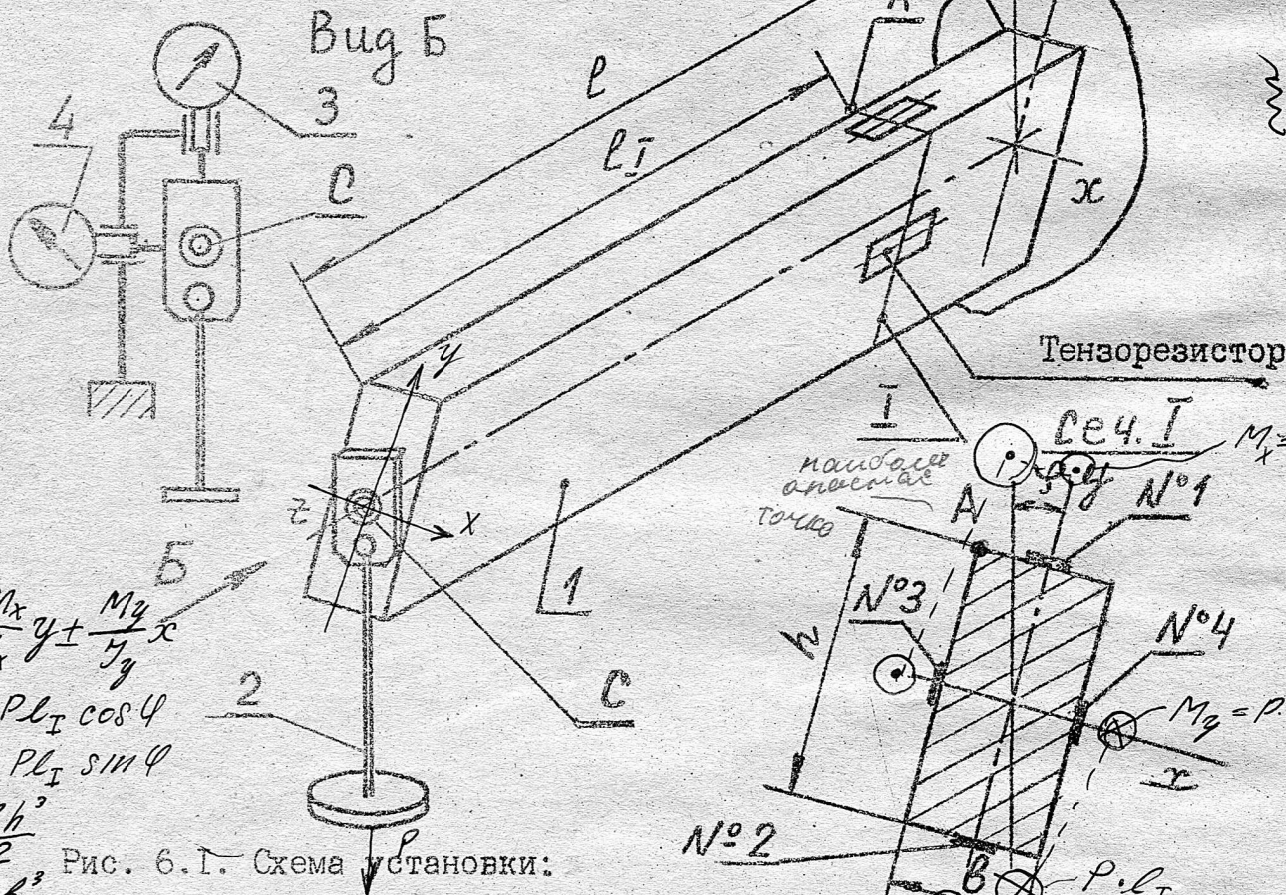


КОСОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ

I. Цель работы: *Вывести формулы напряжений в стержне при кривом изгибе поперечного сечения и полного перемещения сечения при кривом изгибе.*

2. Характеристика лабораторной установки



$$\sigma = \frac{M_x}{J_x} y \pm \frac{M_y}{J_y} x$$

$$M_x = P \cdot l_I \cdot \cos \varphi$$

$$M_y = P \cdot l_I \cdot \sin \varphi$$

$$J_x = \frac{b h^3}{12}$$

$$J_y = \frac{h b^3}{12}$$

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: $h = 24$ мм, $b = 12$ мм, $l = 700$ мм, $l_I = 650$ мм

Осевые моменты инерции сечения $J_x = 1,38 \cdot 10^4$ мм⁴ $J_y = 0,346 \cdot 10^4$ мм⁴

Моменты сопротивления сечения $W_x = \frac{b h^2}{6} = 1,5 \cdot 10^3$ мм³ $W_y = \frac{h b^2}{6} = 0,546 \cdot 10^3$ мм³

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

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

$$\sigma = \frac{P l_I \cos \varphi}{J_x} y - \frac{P l_I \sin \varphi}{J_y} x$$

$$\sigma_A = \frac{P l_I \cos \varphi}{\frac{b h^3}{12}} y_A - \frac{P l_I \sin \varphi}{\frac{h b^3}{12}} x_A = \frac{P l_I \cos \varphi \cdot 12}{b h^3} \cdot \frac{h}{2} + \frac{P l_I \sin \varphi \cdot 12 \cdot b}{h b^3} = P l_I \cdot \dots$$

3. Теоретический расчет

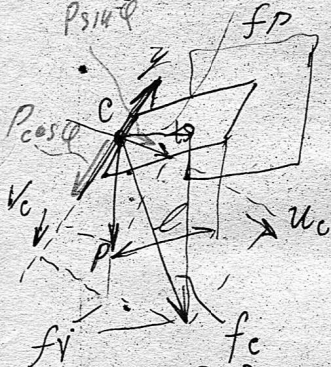
3.1. Расчет напряжения в точке А стержня

$$\sigma \left(\frac{6 \cos \varphi}{bh^2} + \frac{6 \sin \varphi}{hb^2} \right) = 6 P l I \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{bh^2} + \frac{1}{2} \frac{1}{hb^2} \right) = 3 P l I \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \frac{1}{b^3} + \frac{1}{2b^3} \right) =$$

$$h=2b \Rightarrow = 3 \frac{P l I}{b^3} \left(\frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{1}{2} \right) = \frac{3 \cdot 10 \cdot 650}{12^3} \left(\frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{1}{2} \right) = 10,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_A = \text{МПа}$$

3.2. Расчет полного перемещения сечения С стержня



$$f_c = \sqrt{u_c^2 + v_c^2} =$$

перемещение при повороте кривоизогнутой оси не совпадает с осью u и v , а является векторной суммой перемещений u и v сечений.

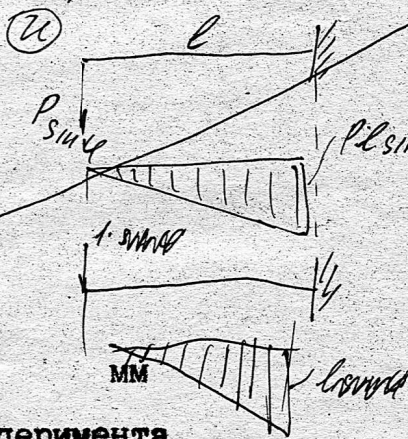
По теореме Пифагора:

$$u_c = \frac{P l^3}{3 E J_y} \sin \varphi$$

$$v_c = \frac{P l^3}{3 E J_x} \cos \varphi$$

$$f_c = \sqrt{u_c^2 + v_c^2} =$$

$$f_c =$$



$$\frac{P l^3}{3 E} \sqrt{\frac{\sin^2 \varphi}{J_y^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{J_x^2}} =$$

$$= \frac{10 \cdot 7^3 \cdot 10^6}{3 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot \sqrt{\frac{1}{4 \cdot 0,346^2 \cdot 10^8} + \frac{1}{4 \cdot 1,38^2 \cdot 10^8}} =$$

$$= \frac{10 \cdot 7^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot \sqrt{\frac{1}{4 \cdot 0,346^2} + \frac{1}{4 \cdot 1,38^2}} =$$

$$= 0,92 \text{ мм}$$

4. Результаты эксперимента

4.1. Градуировка измерителя деформации

$$\varphi = 0^\circ$$

Таблица 6.1

Нагрузка		0	10	20	30	40	
F, Н							
Номер тензора	1	n_1	1180	1200	1210	1220	1230
		Δn_1	-	20	10	10	10
	2	n_2	930	920	910	890	880
		Δn_2	-	-10	-10	-20	-10

Таблица 6.2

№ точки	$\overline{\Delta n_i}$	$\overline{\Delta n_\epsilon} = \frac{\sum \Delta n_i }{2}$
	1	
2	-12,5	

Экспериментальное значение линейной деформации на ступень нагружения

$$\Delta \epsilon = K_\epsilon \cdot \overline{\Delta n_\epsilon} = 0,125$$

Теоретическое значение линейной деформации на ступень нагружения
 Нормальное напряжение

$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{E} =$$

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta M_x}{W_x} = \frac{\Delta F \cdot l_I}{W_x} = \frac{10 \cdot 650}{1,5 \cdot 10^3} = 4,3 \text{ МПа}$$

Цена деления шкалы измерителя деформации

$$K_\varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{E \cdot \Delta l_\varepsilon} = \frac{4,3}{2 \cdot 10^5 \cdot 1,25} = 1,72 \cdot 10^{-6}$$

4.2. Экспериментальные значения по напряжениям и перемещениям

$$\varphi = 30^\circ$$

Таблица 6.3

Нагрузка, Н		0	10	20	30	40	
Номер тензорезистора	1	n_1	1180	1190	1180	1190	1190
		Δn_1	-	10	-10	10	0
	2	n_2	980	960	950	940	940
		Δn_2	-	20	0	20	100
	3	n_3	1340	1290	1370	1380	1400
		Δn_3	-	10	10	10	20
	4	n_4	1720	1700	1690	1660	1640
		Δn_4	-	20	-10	-30	-20
Прогибомер	вертик	n_v	0	42	145	220	300
		Δn_v	-	42	43	45	80
	гориз.	n_h	0	51	102	150	208
		Δn_h	-	51	51	48	58

Таблица 6.4

Точки №	$\overline{\Delta n}_i$	$\Delta \varepsilon_i = K_\varepsilon \cdot \overline{\Delta n}_i$
1	10	$1,72 \cdot 10^{-5}$
2	-10	$-1,72 \cdot 10^{-5}$
3	15	$2,85 \cdot 10^{-5}$
4	-20	$-3,44 \cdot 10^{-5}$
	$\overline{\Delta n}_v = 45$	$\Delta f_v = K_f \cdot \overline{\Delta n}_v = 0,75 \text{ мм}$
	$\overline{\Delta n}_h = 52$	$\Delta f_h = K_f \cdot \overline{\Delta n}_h = 0,52 \text{ мм}$

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

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

Параметр	$\sigma_A, \text{ МПа}$	$f_c, \text{ мм}$
Теория		0,92
Эксперимент		0,91
Погрешность		

Подпись преподавателя

$$f_c = \sqrt{(f_v)^2 + (f_h)^2} = \sqrt{0,75^2 + 0,52^2} = 0,91$$