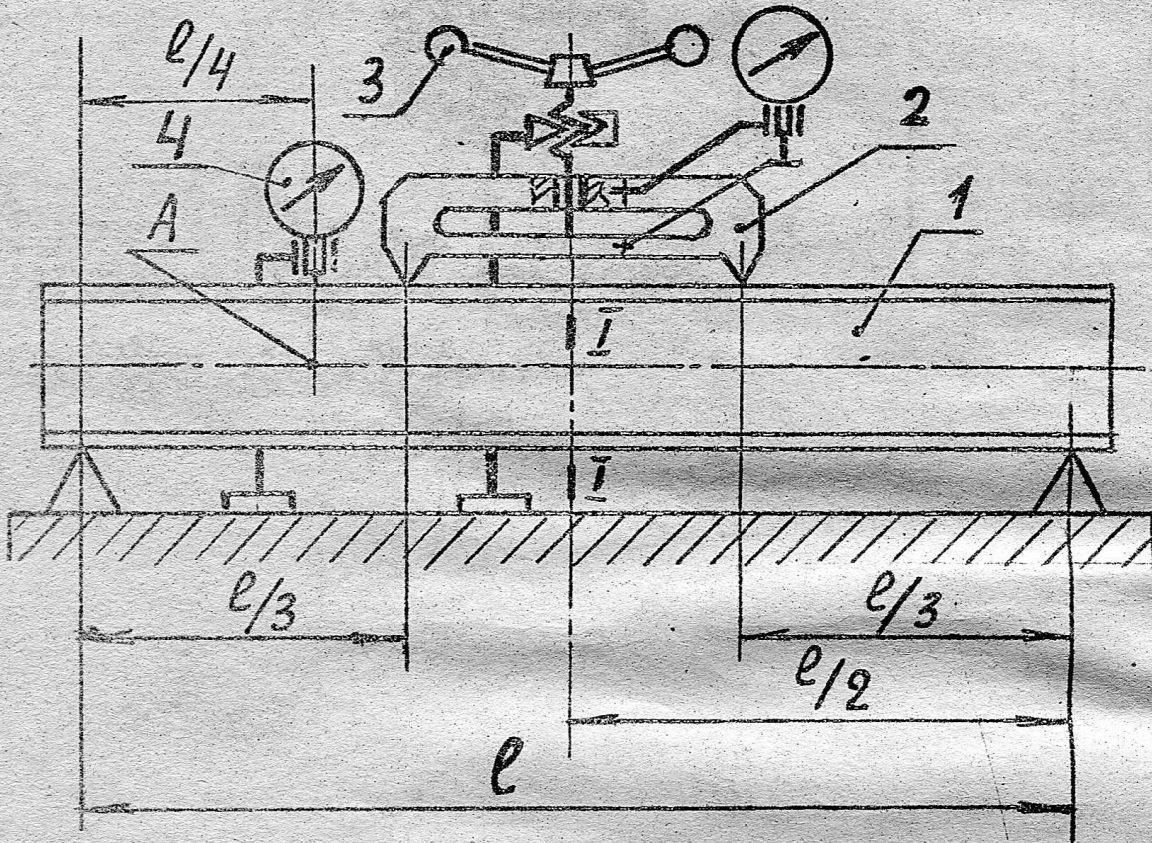


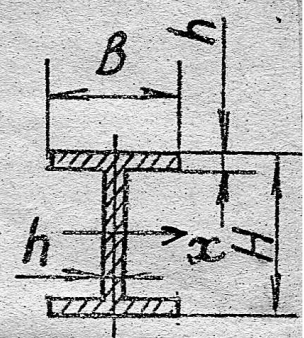
ПРЯМОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ

1. Цель работы: Экспериментально измерить модуль упругости и предел текучести при изгибе. Экспериментальная проверка закона расщепления кривых деформаций и упругости (линейная)

2. Характеристика лабораторной установки



$E = 0,7 \cdot 10^5 \text{ МПа}$



$$y_x = \frac{h(M - 2h)^3}{12} + 2 \left(\frac{Bh^3}{12} + \frac{1}{2} \right)$$

$$W_x = \frac{y_x}{M/l} =$$

Рис. 5.1. Схема установки:

1 - стержень; 2 - динамометр; 3 - нагружающее устройство; 4 - прогибомер

Размеры стержня и геометрические характеристики его поперечного сечения

$l = 900 \text{ мм}, H = 102 \text{ мм}, B = 34,7 \text{ мм}, h = 1,6 \text{ мм}.$

Осевой момент инерции поперечного сечения стержня

$J_x = 4,39 \cdot 10^5 \text{ мм}^4 = 4,39 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$

Момент сопротивления сечения стержня изгибу

$W_x = 0,861 \cdot 10^4 \text{ мм}^3 = 0,861 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$

Материал стержня: алюминиевый сплав

Модуль упругости $E = 0,7 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

$\sigma_{\text{max}} = \frac{Mx}{W_x} =$

Цена деления шкалы прогибомера

$$K_f = 0,01 \text{ мм/дел}$$

Цена деления измерителя деформации

$$K_\epsilon = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ I/дел}$$

$$\frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 1,4 \cdot 10^{-6}$$

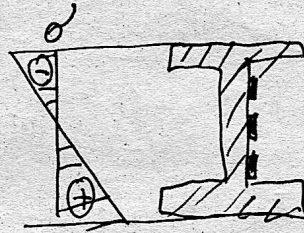
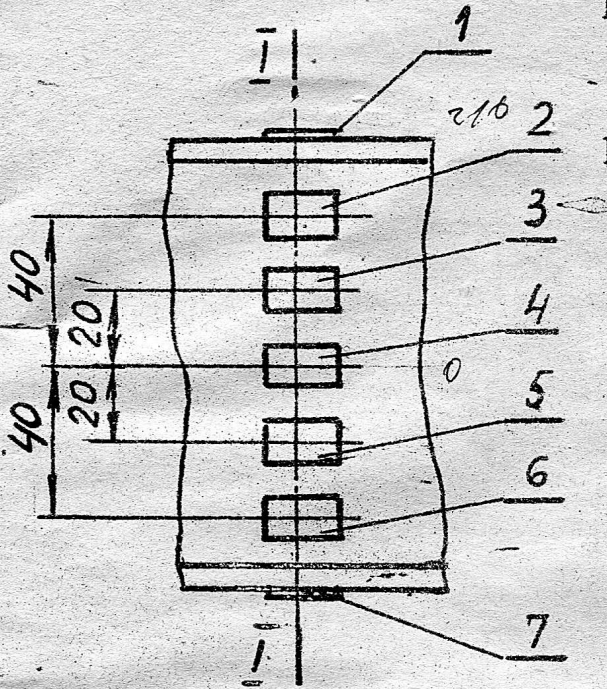


Рис. 5.2. Схема расположения тензорезисторов в сечении I-I

3. Теоретический расчет

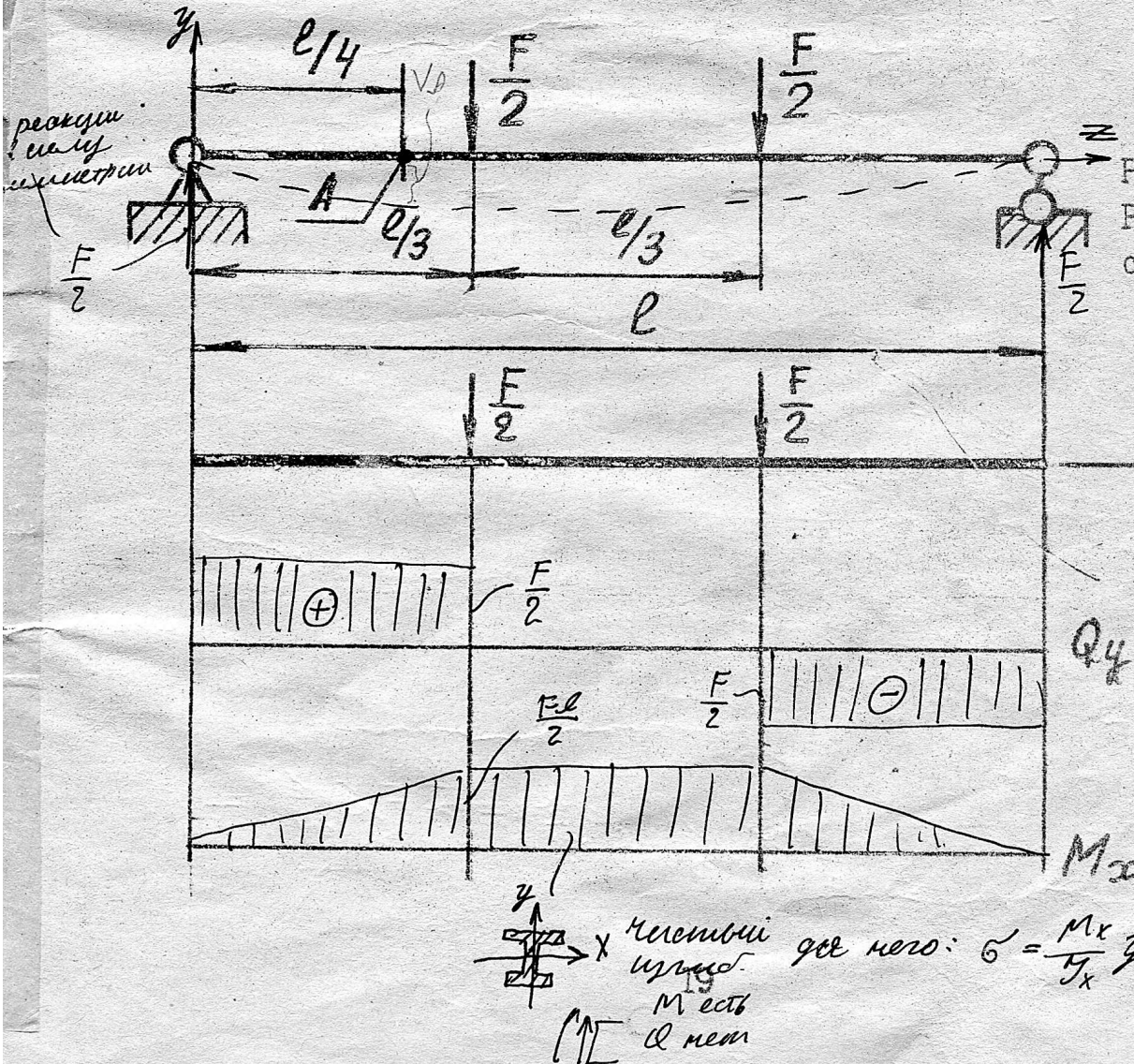


Рис. 5.3. Расчетная схема стержня

Эксперимент
 $K_d = n \cdot K_f$

для расчета справ. точки
 для погр. угла справ. предельных
 где него: $\sigma = \frac{Mx}{I_x} y$
 М есть Q нет
 членовой угло.

3.1. Расчет напряжений в точках сечения I-I

$\frac{Mx}{Jx} = \frac{H}{L^2}$
 $34,2 \cdot 10^2$

$M_x = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{3} = 500 \cdot 300 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}$
 $\sigma = -\frac{M_x}{J_x} y = -0,34 y$

Таблица 5.1

ТОЧКИ	1	2	3	4	5	6	7
КООРД. ТОЧКИ							
$y, \text{ мм}$	51	40	20	0	-20	-40	-51
НАПРЯЖЕНИЕ							
$\sigma, \text{ МПа}$	-17,4	-13,7	-6,8	-0	+6,8	+13,7	+17,4

3.2. Расчет перемещения сечения А

Д.У. осн в т.А: $E J_x y'' = M_x$

$M_x(z) = \frac{F}{2} z \left[\frac{F}{2} \left(z - \frac{l}{3} \right) \right]$

Дважды интегрируем:

$E J_x y' = C_1 + \frac{F}{2} \cdot \frac{z^2}{2} \left[\frac{F}{2} \cdot \frac{(z - \frac{l}{3})^2}{2} \right]$

$M : E J_x y^2 = C_2 + C_1 z + \frac{F}{2} \cdot \frac{z^3}{6} \left[\frac{F}{2} \cdot \frac{(z - \frac{l}{3})^3}{6} \right]$

C_1 и C_2 из т.У:

$z=0, y=0 \Rightarrow C_2=0$
 $z=l, y=0$
 $z=\frac{l}{2}, y'=0 \Rightarrow C_1 = -\frac{1}{18} F l^2$

Подставляем: $y|_{t.A} = \left(C_1 \frac{l}{4} + \frac{F}{2} \cdot \left(\frac{l}{4} \right)^3 \cdot \frac{1}{6} \right) \cdot \frac{1}{E J_x} = -0,30 \text{ мм}$

$F = \Delta F = 1000 \text{ Н}$

погр. в среднем около 10% + погр. т.е. прибора

$V_A = \frac{1}{E J_x} \left(-\frac{1}{18} F l^2 \frac{l}{4} + \frac{1}{2} F l \frac{l^3}{64} \right) =$

3.1. Расчет напряжений в точках сечения 1-1

$$M_x = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{3} = \frac{1000 \cdot 900 \cdot 10^{-3}}{6} = 150 \text{ Нм}; \quad \sigma = \frac{-M_x}{I_x} y = \frac{150}{4,33 \cdot 10^7} y = -0,34 y$$

Таблица 5.1.

№ точки	1	2	3	4	5	6	7
Коорд. точки у, мм	51	40	20	0	-20	-40	-51
Напряжение σ , МПа	-17,4	-13,7	-6,8	0	6,8	13,7	17,4

3.2. Расчет перемещения сечения А.

у - перемещение (-) А

Авар. ур-не оси изогнутого стержня

$$E J_x \cdot y'' = M_x = \begin{cases} \frac{F}{2} z & | z < \frac{l}{3} \\ \frac{F}{2} (z - \frac{l}{3}) & | z > \frac{l}{3} \\ \frac{F}{2} (z - \frac{2l}{3}) & | z > \frac{2l}{3} \end{cases} \quad \text{метод Коши - Кривоша}$$

Взаимно интегрируем:

$$E J_x \cdot y' = C_1 + \begin{cases} \frac{F}{2} \cdot \frac{z^2}{2} & | z < \frac{l}{3} \\ \frac{F}{2} \cdot \frac{(z - \frac{l}{3})^2}{2} & | z > \frac{l}{3} \\ \frac{F}{2} \cdot \frac{(z - \frac{2l}{3})^2}{2} & | z > \frac{2l}{3} \end{cases}$$

$$E J_x y = C_2 + C_1 z + \begin{cases} \frac{F}{2} \cdot \frac{z^3}{6} & | z < \frac{l}{3} \\ \frac{F}{2} \cdot \frac{(z - \frac{l}{3})^3}{6} & | z > \frac{l}{3} \\ \frac{F}{2} \cdot \frac{(z - \frac{2l}{3})^3}{6} & | z > \frac{2l}{3} \end{cases}$$

Константы C_1 и C_2 определяем из граничных условий:

$$1 \text{ ГУ: } z=0: y=0 = \left(C_2 + C_1 \cdot 0 + \frac{F}{2} \cdot \frac{0^3}{6} \right) \cdot \frac{1}{E J_x} \Rightarrow C_2 = 0$$

$$2 \text{ ГУ: } z=l: y=0 = \left(C_2 + C_1 \cdot l + \frac{F l^3}{12} - \frac{F}{12} \left(\frac{2l}{3} \right)^3 - \frac{F}{12} \left(\frac{l}{3} \right)^3 \right) \cdot \frac{1}{E J_x} \Rightarrow C_1 = -\frac{1}{18} F l^2$$

$$y_A = \left(C_1 \cdot l \cdot \frac{1}{4} + \frac{F}{2} \left(\frac{l}{4} \right)^3 \cdot \frac{1}{6} \right) \cdot \frac{1}{E J_x} = -0,32 \cdot 10^{-3} \text{ м} = -0,32 \text{ мм}$$

4. Результаты эксперимента
 $\Delta F = 1000 \text{ Н}$ (стражка 30) Таблица 5.2

руки брались по 2 стрелки, показывали на красной шкале
такой способ позволяет избежать погрешности
левое плечо

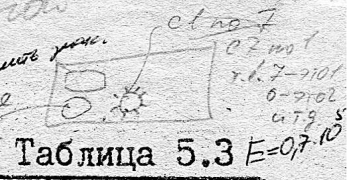
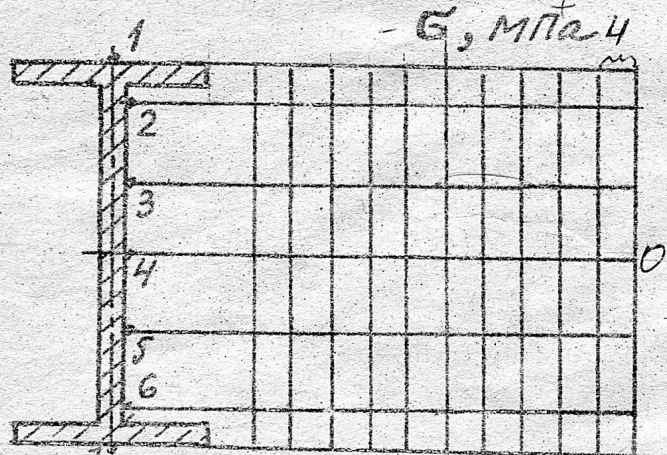


Таблица 5.3 $E = 0,7 \cdot 10^{10}$

Номер тензорезистора	Нагрузка $F, \text{ Н}$	0				1000				2000				3000			
		R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i	R_i	ΔR_i
1	R_1	1366		1502		1630		1785									
	ΔR_1		+1366		+135												
2	R_2	1622		1718		1814		1931									
	ΔR_2		+1622		+96		+101		+118								
3	R_3	601		640		694		746									
	ΔR_3		+601		+39		+54		+52								
4	R_4	911		894		892		881									
	ΔR_4		+911		-17		-2		-11								
5	R_5	776		675		614		545									
	ΔR_5		+776		-101		-61		-69								
6	R_6	924		496		675		548									
	ΔR_6		+924		-428		121		127								
7	R_7	437		590		738		909									
	ΔR_7		+437		+157		+148		+171								
Прогиб	R_f	0		26		45		76									
	ΔR_f		+0		+26		+19		+31								

№ точки	ΔR_i	$\Delta \epsilon_i = K_\epsilon \Delta R_i$	$\Delta \sigma_i = E \cdot \Delta \epsilon_i$ МПа
1	230 140	$1,66 \cdot 10^{-6}$	11,76
2	171 105	$12,6 \cdot 10^{-6}$	8,22
3	80 49	$5,8 \cdot 10^{-6}$	4,06
4	-1 10	$12 \cdot 10^{-6}$	0,84
5	-83 -68 -77	$-4,9 \cdot 10^{-6}$	-5,57
6	-171 -125	$-160 \cdot 10^{-6}$	-10,5
7	-215 -159	$-191 \cdot 10^{-6}$	-13,37
	$\Delta R_f = 25$ 34	$\nu = K_f \cdot \Delta R_f = 0,25$	

5. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов



Параметр	$\sigma, \text{ МПа}$	$\nu_A, \text{ мм}$
теория	-17,4	0,3
эксперимент	-13,37	0,25
погрешность	%	%

Рис. 5.4. Эпюра нормальных напряжений

Теория карандашом
эксперимент - ручкой.

Подпись преподавателя