

РАБОТА №8.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПЛОСКОЙ РАМЕ

1. Цель работы: *Определение значений напряжений, перемещений и опорных реакций в статически определенной и статически неопределенной плоской раме.*
2. Характеристика лабораторной установки:

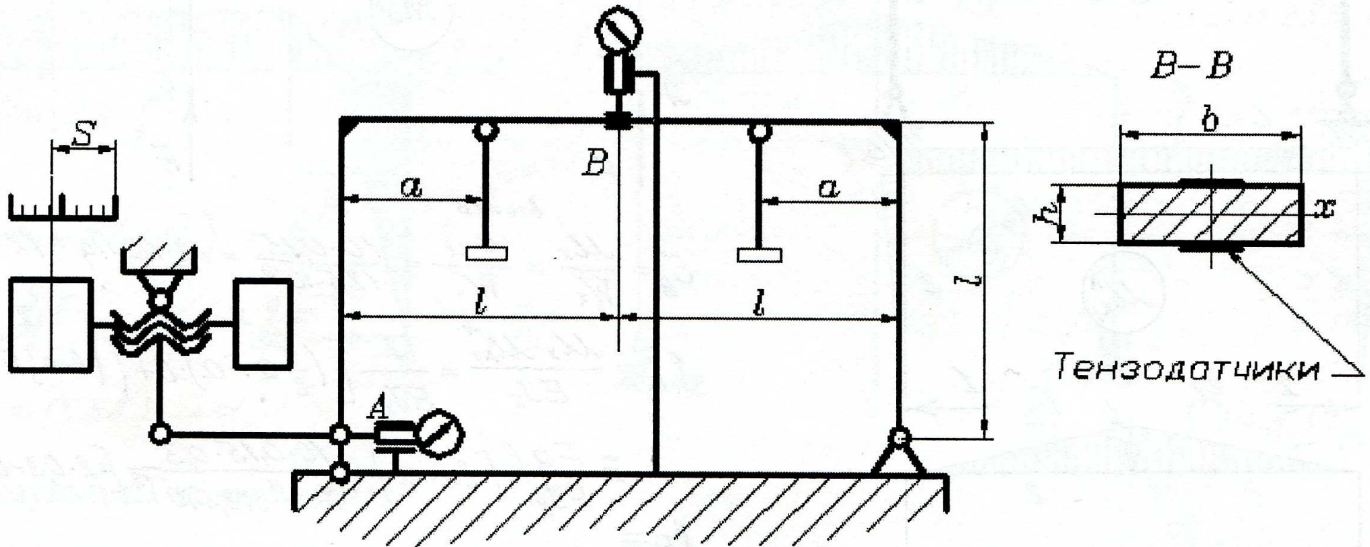


Рис. 8.1 Схема установки.

Размеры рамы и геометрические характеристики ее сечения:

$$l = 300 \text{ мм}, a = 150 \text{ мм}, h = 5 \text{ мм}, b = 30 \text{ мм}.$$

Осейвой момент инерции поперечного сечения

$$I_X = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,03 \cdot 0,005^3 = 312,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4$$

Момент сопротивления поперечного сечения изгибу

$$W_X = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,030 \cdot 0,005^2 = 125 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

Материал: сталь Ст.3, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$

S - смещение грузов от положения равновесия.

Цена деления шкалы смещения грузов $K_S = 0,4 \text{ Н/мм}$,

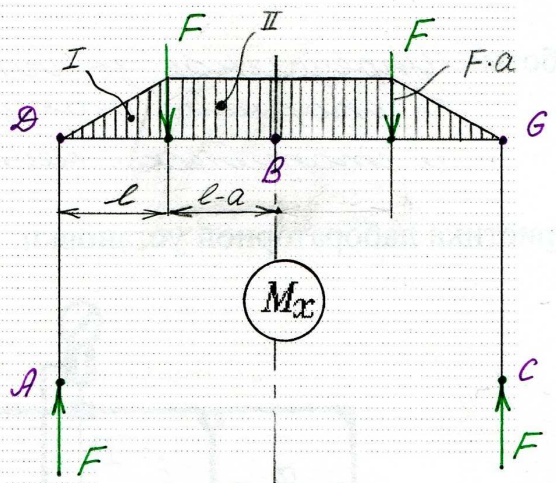
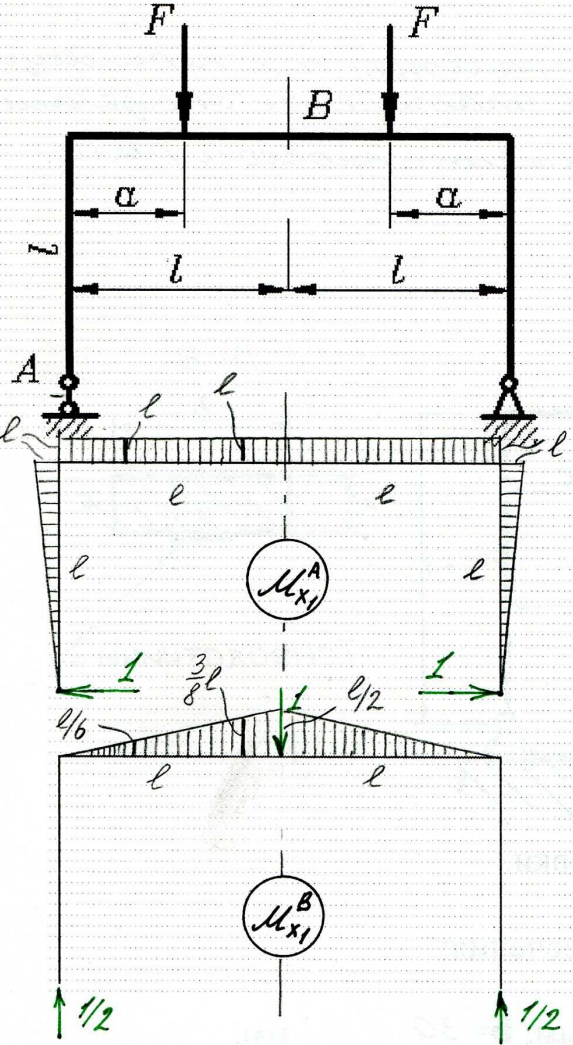
Цена деления шкалы прогибомеров $K_f = 0,01 \text{ мм/дел}$.

Цена деления шкалы электронного измерителя деформации: $K_\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-6}$

электронного измерителя деформации:

3. Теоретический расчет.

3.1. Статически определимая плоская рама



в точке B

$$\sigma_B = \frac{M_x}{W_x} = \frac{F \cdot a}{W_x} = \frac{10 \cdot 0,15}{125 \cdot 10^{-9}} = 12 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12 \text{ МПа}$$

$$f_A = \frac{M_x \cdot M_{x1}^A}{EJ_x} = \frac{2}{EJ_x} \left[\left(\frac{1}{2} a F a \right) \cdot l + \left(\frac{1}{2} (l-a) F a \right) \cdot l \right] =$$

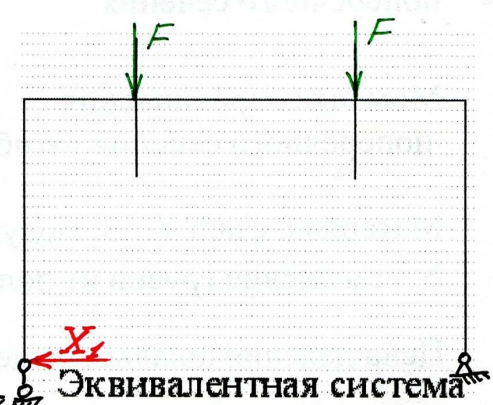
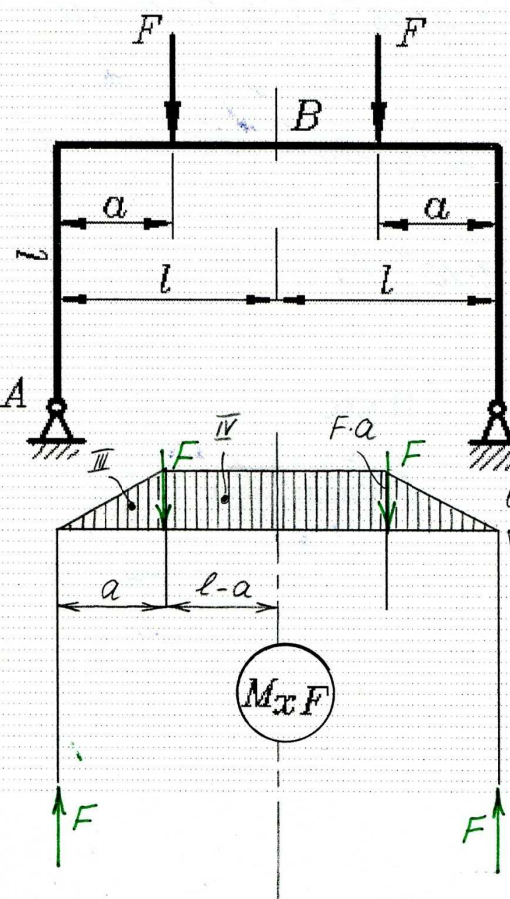
$$= \frac{F a l [2l-a]}{EJ_x} = \frac{10 \cdot 0,15 \cdot 0,3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 312,5 \cdot 10^{-12}} [2 \cdot 0,3 - 0,15] =$$

$$= 0,00324 \text{ м} = 3,24 \text{ мм}$$

$$f_B = \frac{M_x \cdot M_{x1}^B}{EJ_x} = \frac{2}{EJ_x} \left[\left(\frac{1}{2} a F a \right) \frac{l}{6} + \left(\frac{1}{2} (l-a) F a \right) \frac{3l}{8} \right] =$$

$$= 0,00099 \text{ м} = 0,99 \text{ мм}$$

3.2. Статически неопределимая плоская рама



$$X_1 \cdot \delta_{11} + \delta_{1F} = 0$$

$$\delta_{1F} = \frac{M_{x1F} \cdot M_{x11}}{EJ_x} =$$

$$= \frac{2}{EJ_x} \left[\left(\frac{1}{2} a \cdot F a \right) \cdot l + \left(\frac{1}{2} (l-a) F \cdot a \right) \cdot l \right] =$$

$$= \frac{F a l [2l-a]}{EJ_x}$$

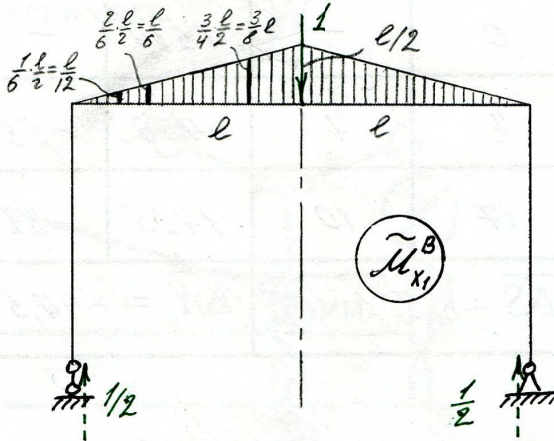
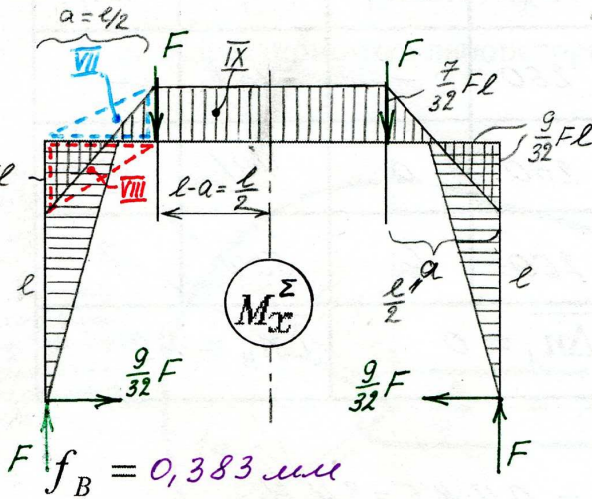
$$\delta_{11} = \frac{M_{x1} \cdot M_{x1}}{EJ_x} = \frac{1}{EJ_x} \left[2 \cdot \left(\frac{1}{2} l l \right) \frac{2l}{3} + (l \cdot 2l) l \right] = \frac{8l^3}{3EJ_x}$$

$$X_1 = - \frac{\delta_{1F}}{\delta_{11}} = - \frac{F a l [2l - a]}{EJ_x} \cdot \frac{3EJ_x}{8l^3} = - \frac{3 \cdot F a (2l - a)}{8 l^2} = - \frac{3 \cdot 10 \cdot 0,15 \cdot (2 \cdot 0,3 - 0,15)}{8 \cdot 0,3^2} \approx - 2,81 \text{ Н}$$

Рисуем эпюру M_x^Z .

$$f_B = \frac{M_x^Z \cdot M_{x1}^B}{EJ_x} = \frac{2}{EJ_x} \left[\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{7}{32} F l \right) \cdot \frac{l}{6} - \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{32} F l \cdot \frac{l}{2} \right) \cdot \frac{l}{12} + \left(\frac{7}{32} F l \cdot \frac{l}{2} \right) \cdot \frac{3}{8} l \right] = \frac{17 \cdot F \cdot l^3}{192 EJ_x} = \frac{17 \cdot 10 \cdot 0,3^3}{192 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 312,5 \cdot 10^{-12}}$$

$$= 0,0003825 \text{ м} \approx 0,383 \text{ мм}$$



$$\sigma_B = \frac{M_x^B}{W_x} = \frac{7 \cdot F \cdot l}{32 \cdot W_x} = \frac{7 \cdot 10 \cdot 0,3}{32 \cdot 125 \cdot 10^{-9}} = 5250000 \text{ Па} = 5,25 \text{ МПа}$$

4. Результаты эксперимента.

4.1. Статически определимая плоская рама.

Таблица 8.1

Сила F, Н	Смещение грузов		Измеритель деформации		Прогибомер сечение А		Прогибомер сечение В	
	S, мм	ΔS, мм	n _ε	Δn _ε	n _A	Δn _A	n _B	Δn _B
0	0	—	1513	—	271	—	454	—
10	0	0	1393	-120	547	276	542	88
20	0	0	1271	-122	834	287	632	90
ΔF = 10	ΔS = 0 мм		Δn _ε = -121		Δn _A = 281,5		Δn _B = 89	

Линейная деформация

$$\Delta \varepsilon = K_\varepsilon \cdot \overline{\Delta n_\varepsilon} = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 121 = 60,5 \cdot 10^{-6}$$

Нормальное напряжение

$$\Delta \sigma = E \cdot \Delta \varepsilon = 2 \cdot 10^{11} \cdot 60,5 \cdot 10^{-6} = 121 \cdot 10^5 \text{ Па} = 12,1 \text{ МПа}$$

Линейное перемещение сечения А

$$\Delta f_A = K_f \cdot \overline{\Delta n_A} = 0,01 \cdot 281,5 = 2,815 \text{ мм}$$

Линейное перемещение сечения В

$$\Delta f_B = K_f \cdot \overline{\Delta n_B} = 0,01 \cdot 89 = 0,89 \text{ мм}$$

4.2. Статически неопределимая плоская рама

Таблица 8.2

Сила F, Н	Смещение грузов		Измеритель деформации		Прогибомер сечение А		Прогибомер сечение В	
	S, мм	ΔS, мм	n _ε	Δn _ε	n _A	Δn _A	n _B	Δn _B
0	0	—	1514	—	260	—	452	—
10	7	7	1456	-58	260	0	491	39
20	17	10	1425	-31	260	0	504 <small>ошибка!</small>	
ΔF = 10	ΔS = 8,5 мм		Δn _ε = -44,5		Δn _A = 0		Δn _B = 39	

Реакция отброшенной связи

$$\Delta X_1 = K_s \cdot \overline{\Delta S} = 0,4 \cdot 8,5 = 3,4 \text{ Н}$$

Линейная деформация

$$\Delta \varepsilon = K_\varepsilon \cdot \overline{\Delta n_\varepsilon} = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 44,5 = 22,25 \cdot 10^{-6}$$

Нормальное напряжение

$$\Delta \sigma = E \cdot \Delta \varepsilon = 2 \cdot 10^{11} \cdot 22,25 \cdot 10^{-6} = 45 \cdot 10^5 \text{ Па} = 4,5 \text{ МПа}$$

Линейное перемещение сечения А

$$\Delta f_A = K_f \cdot \overline{\Delta n_A} = 0,01 \cdot 0 = 0$$

Линейное перемещение сечения В

$$\Delta f_B = K_f \cdot \overline{\Delta n_B} = 0,01 \cdot 39 = 0,39 \text{ мм}$$

5. Сопоставление результатов расчета и эксперимента.

Таблица 8.3

Параметр	f _A , мм	X ₁ , Н	$\frac{\sigma_{ст.опр}}{\sigma_{ст.неопр}}$	$\frac{f_{Вст.опр.}}{f_{Вст.неопр.}}$
Теория	3,24	2,81	$\frac{12}{5,25} = 2,28$	$\frac{0,99}{0,383} = 2,58$
Эксперимент	2,82	3,4	$\frac{12,1}{4,5} = 2,69$	$\frac{0,89}{0,39} = 2,28$
Погрешность, %	15%	17%	15%	13%

Подпись преподавателя: _____