

**Состав задания**

1. Построение эпюры продольных сил  $N$ .
2. Построение эпюры нормальных напряжений  $\sigma$ .
3. Построение эпюры перемещений.
4. Определение размера  $A$  поперечного сечения стержня.
5. Оценка жёсткости стержня.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

- расчётное сопротивление материала  $R = 200$  МПа;
- нормативное изменение длины стержня  $[\Delta \ell] = \frac{a}{300}$ ;
- модуль упругости материала  $E = 2,05 \cdot 10^5$  МПа;

$$F = 12 \text{ кН};$$

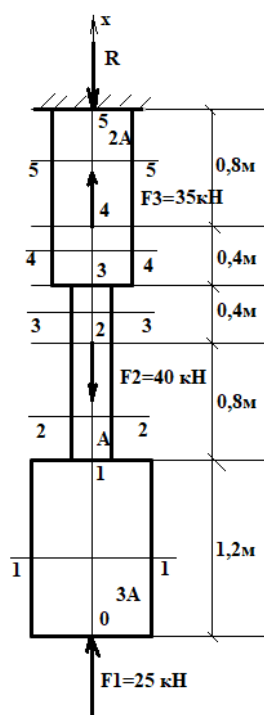
$$a = 0,45 \text{ м.}$$

**Дано:**

$$F = 5 \text{ кН}$$

$$a = 0,4 \text{ м}$$

**1. Составим расчетную схему.**



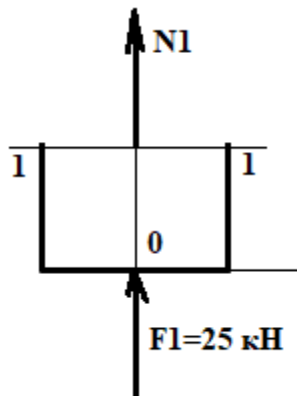
## 2. Определим реакцию заделки.

$$\sum F_x = F_1 - F_2 + F_3 - R = 0$$

$$R = F_1 - F_2 + F_3 = 25 - 40 + 35 = 20 \text{ кН}$$

## 3. Определим продольные силы по участкам бруса.

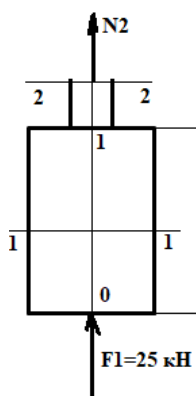
- Участок 1  $x \in [0; 1,2]$



$$\sum F_x = N_1 + F_1 = 0$$

$$N_1 = -F_1 = -25 \text{ кН}$$

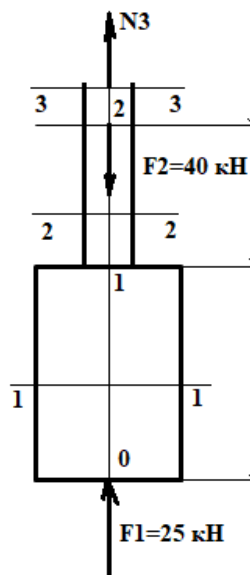
- Участок 2  $x \in [0; 0,8]$



$$\sum F_x = N_2 + F_1 = 0$$

$$N_2 = -F_1 = -25 \text{ кН}$$

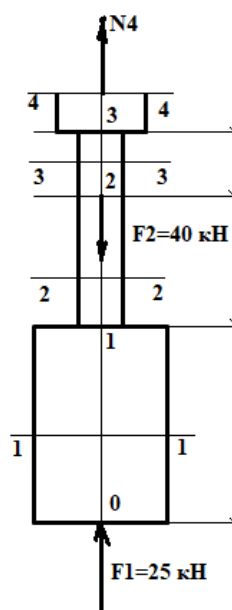
- Участок 3  $x \in [0; 0,4]$



$$\sum F_x = F_1 - F_2 + N_3 = 0$$

$$N_3 = -F_1 + F_2 = -25 + 40 = 15 \text{ кН}$$

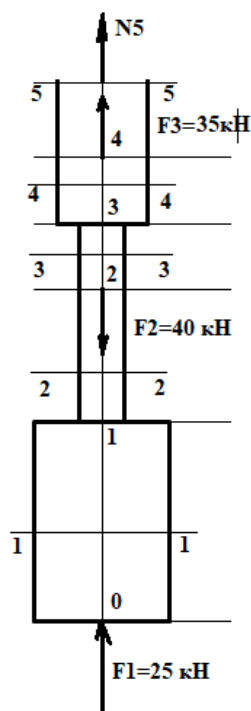
- **Участок 4**  $x \in [0; 0,4]$



$$\sum F_y = F_1 - F_2 + N_4 = 0$$

$$N_4 = -F_1 + F_2 = -25 + 40 = 15 \text{ кН}$$

- **Участок 5**  $x \in [0; 0,8]$



$$\sum F_y = F_1 - F_2 + F_3 + N_5 = 0$$

$$N_5 = -F_1 + F_2 - F_3 = -25 + 40 - 35 = -20 \text{ кН}$$

#### 4. Определим нормальные напряжения по участкам.

Формула для определения нормальных напряжений:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{3A} = -\frac{25}{3A} = -\frac{8,333}{A}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A} = -\frac{25}{A}$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A} = \frac{15}{A}$$

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{2A} = \frac{15}{2A} = \frac{7,5}{A}$$

$$\sigma_5 = \frac{N_5}{2A} = -\frac{20}{2A} = -\frac{10}{A}$$

#### 5. Определим продольную деформацию каждого участка.

$$\Delta L = \frac{\sigma * L}{E}$$

$$\Delta L_1 = \frac{\sigma_1 * L_1}{E} = -\frac{8,333 * 120 \text{ (см)}}{EA} = -\frac{999,96}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta L_2 = \frac{\sigma_2 * L_2}{E} = -\frac{25 * 80 \text{ (см)}}{EA} = -\frac{2000}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta L_3 = \frac{\sigma_3 * L_3}{E} = \frac{15 * 40 \text{ (см)}}{EA} = \frac{600}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta L_4 = \frac{\sigma_4 * L_4}{E} = \frac{7,5 * 40 \text{ (см)}}{EA} = \frac{300}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta L_5 = \frac{\sigma_5 * L_5}{E} = -\frac{10 * 80 \text{ (см)}}{EA} = -\frac{800}{EA} \text{ (см)}$$

## 6. Определим перемещения сечений стержня, начиная от заделки.

$$\Delta_5 = 0$$

$$\Delta_4 = \Delta_5 + \Delta L_5 = -\frac{800}{EA} \text{ (см)}$$

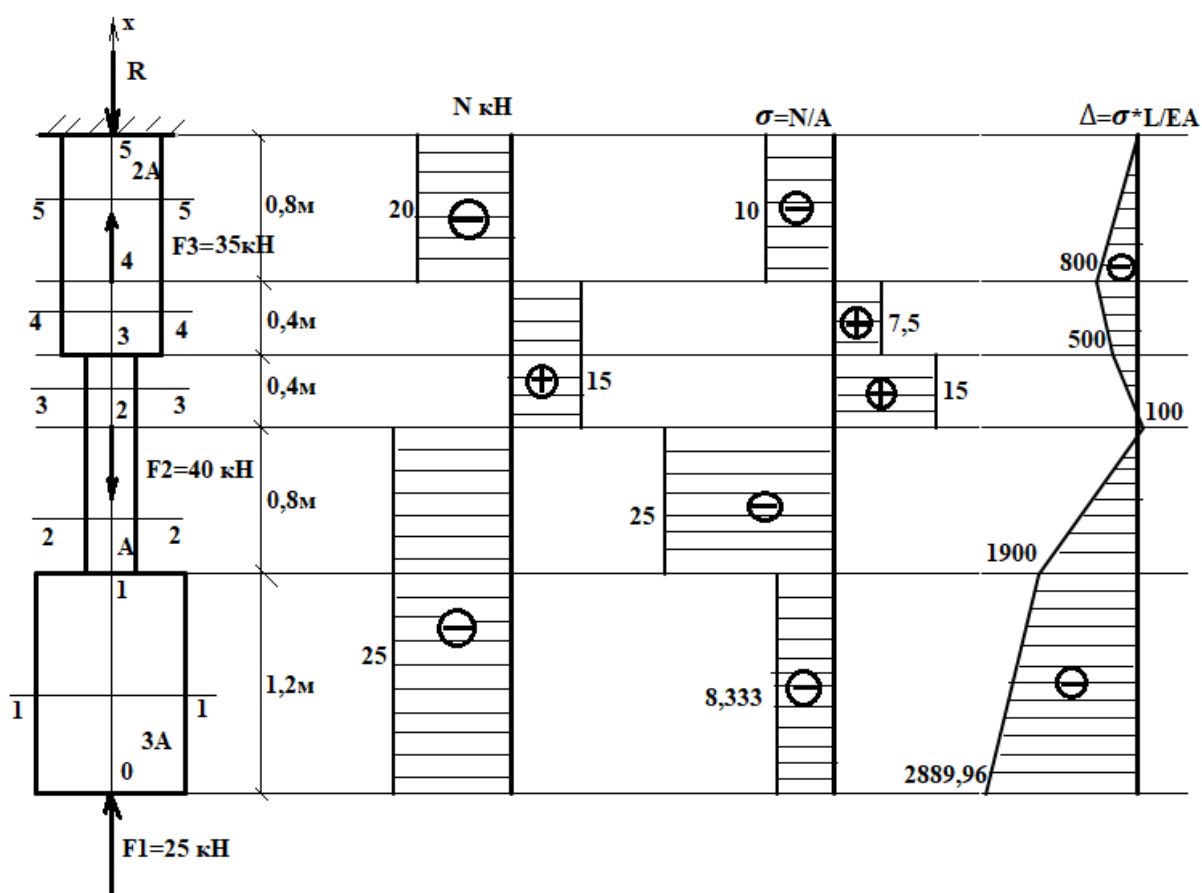
$$\Delta_3 = \Delta_4 + \Delta L_4 = -\frac{800}{EA} + \frac{300}{EA} = -\frac{500}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta_2 = \Delta_3 + \Delta L_3 = -\frac{500}{EA} + \frac{600}{EA} = \frac{100}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta_1 = \Delta_2 + \Delta L_2 = \frac{100}{EA} - \frac{2000}{EA} = -\frac{1900}{EA} \text{ (см)}$$

$$\Delta_0 = \Delta_1 + \Delta L_1 = -\frac{1900}{EA} - \frac{999,96}{EA} = -\frac{2899,96}{EA} \text{ (см)}$$

- По полученным данным строим эпюры.



## 7. Определим площадь А из условия прочности.

$$\sigma_{\max} \leq R = 200 \text{ МПа} = 20 \text{ кН/см}^2$$

Опасное сечение на втором участке

$$\sigma_{\max} = \frac{25}{A}, \text{ таким образом,}$$

$$\frac{25}{A} \leq 20, \text{ значит}$$

$$A \geq \frac{25}{20} = 1,25 \text{ см}^2$$

### **8. Оценка жесткости стержня.**

Из эпюры видно, что наибольшее значение

$$\delta = \frac{2889,96}{EA}$$

$$E = 2,05 * 10^5 \text{ МПа} = 2,05 * 10^4 \text{ кН / см}^2$$

Тогда

$$\delta = \frac{2889,96}{2,05 * 10^4 * 1,25} = 0,113 \text{ см}$$

**Нормативное изменение длины стержня**

$$[\Delta L] = \frac{a}{300} = \frac{40}{300} = 0,133 \text{ см}$$

Таким образом,

$$\delta = 0,113 \text{ см} < [\Delta L] = 0,133 \text{ см}$$

**Вывод: жесткость стержня обеспечена.**