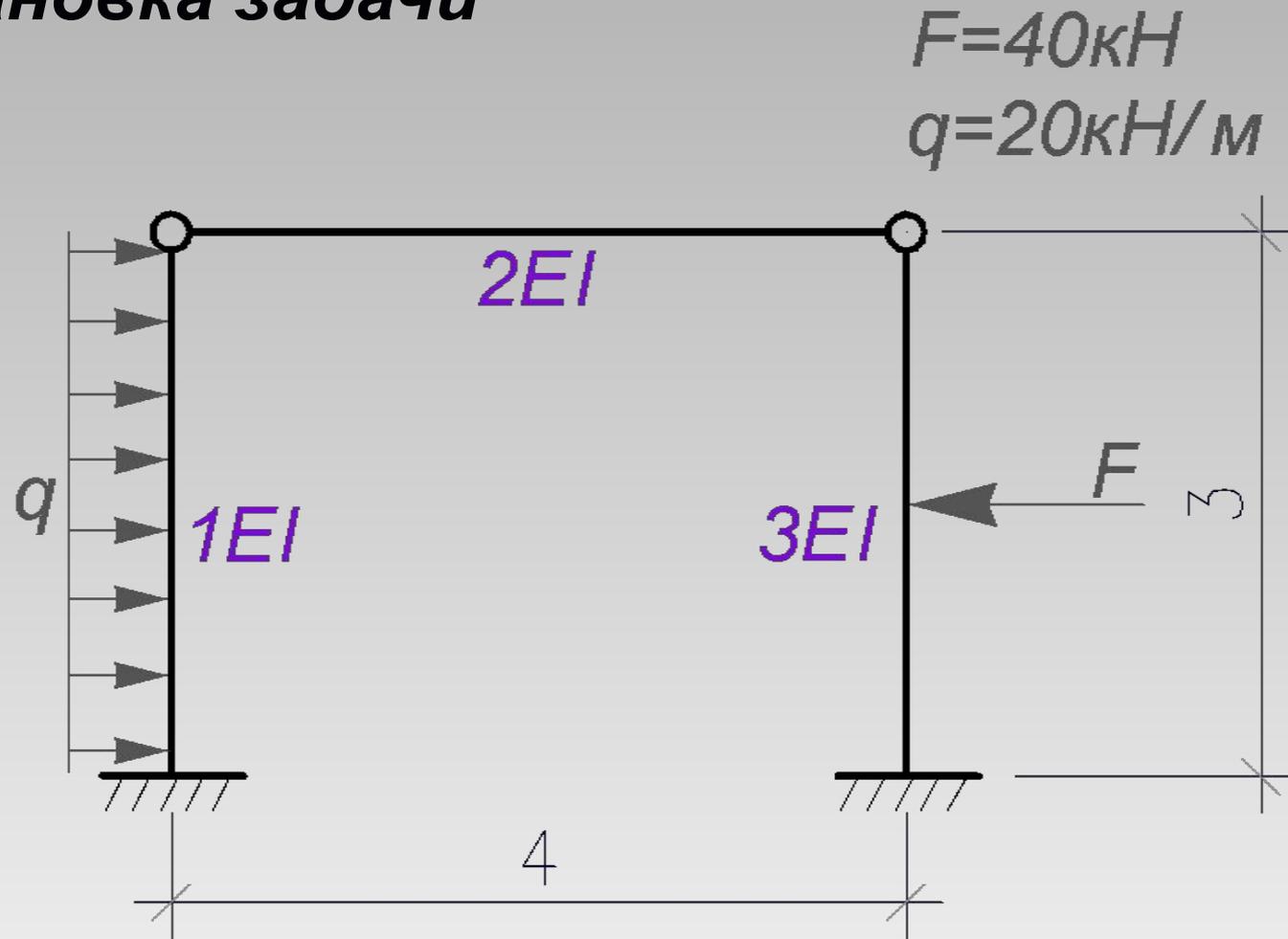


Расчёт статически неопределимой рамы методом перемещений

Пример 2

Постановка задачи



Для заданной системы необходимо:

- 1. Раскрыть кинематическую неопределимость;**
- 2. Построить эпюры внутренних усилий M , Q , N .**

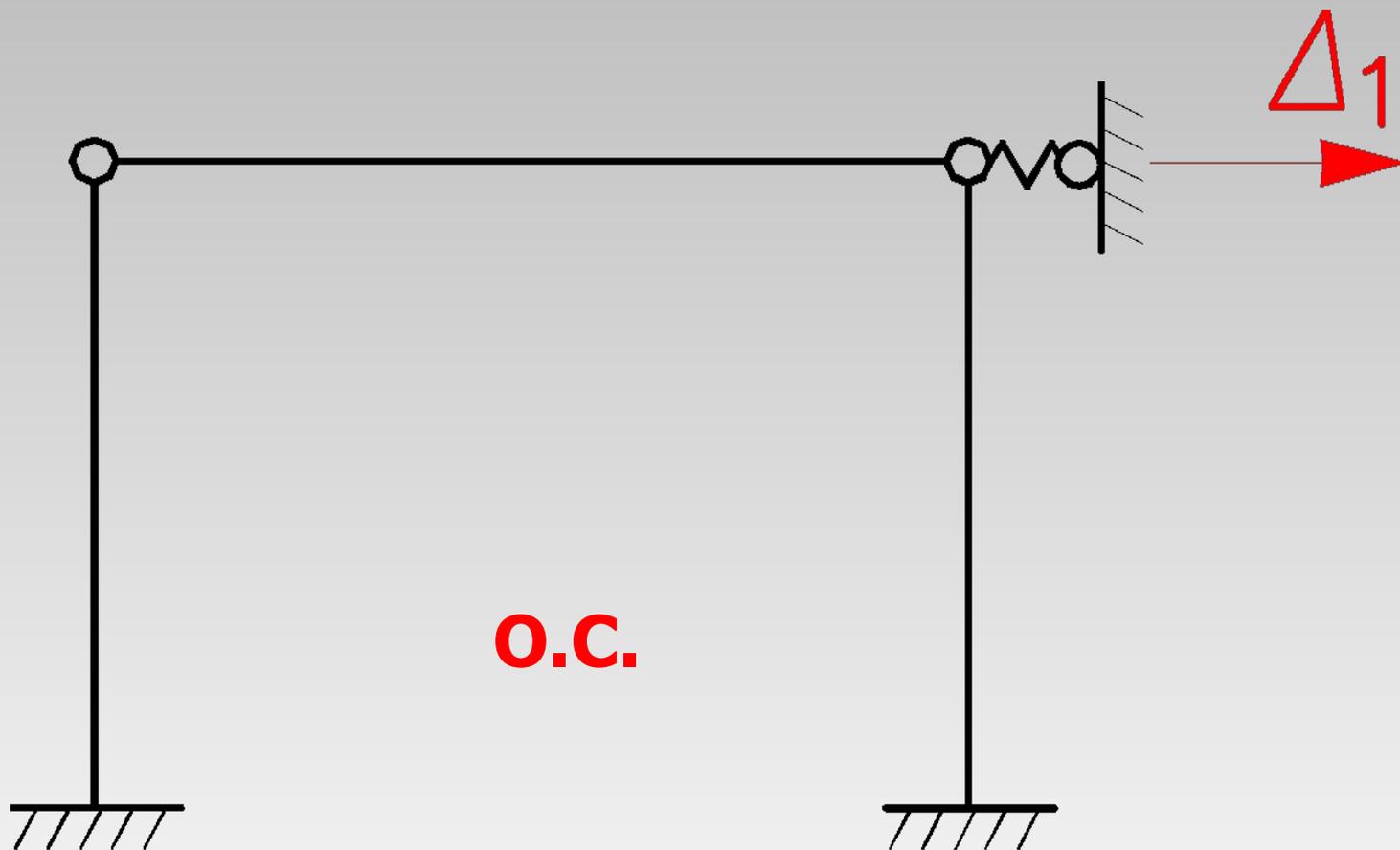
1. Степень кинематической неопределенности



$$N = n_y + n_l = 0 + 1 = 1$$

2. Основная система

$$N = n_l = 1$$

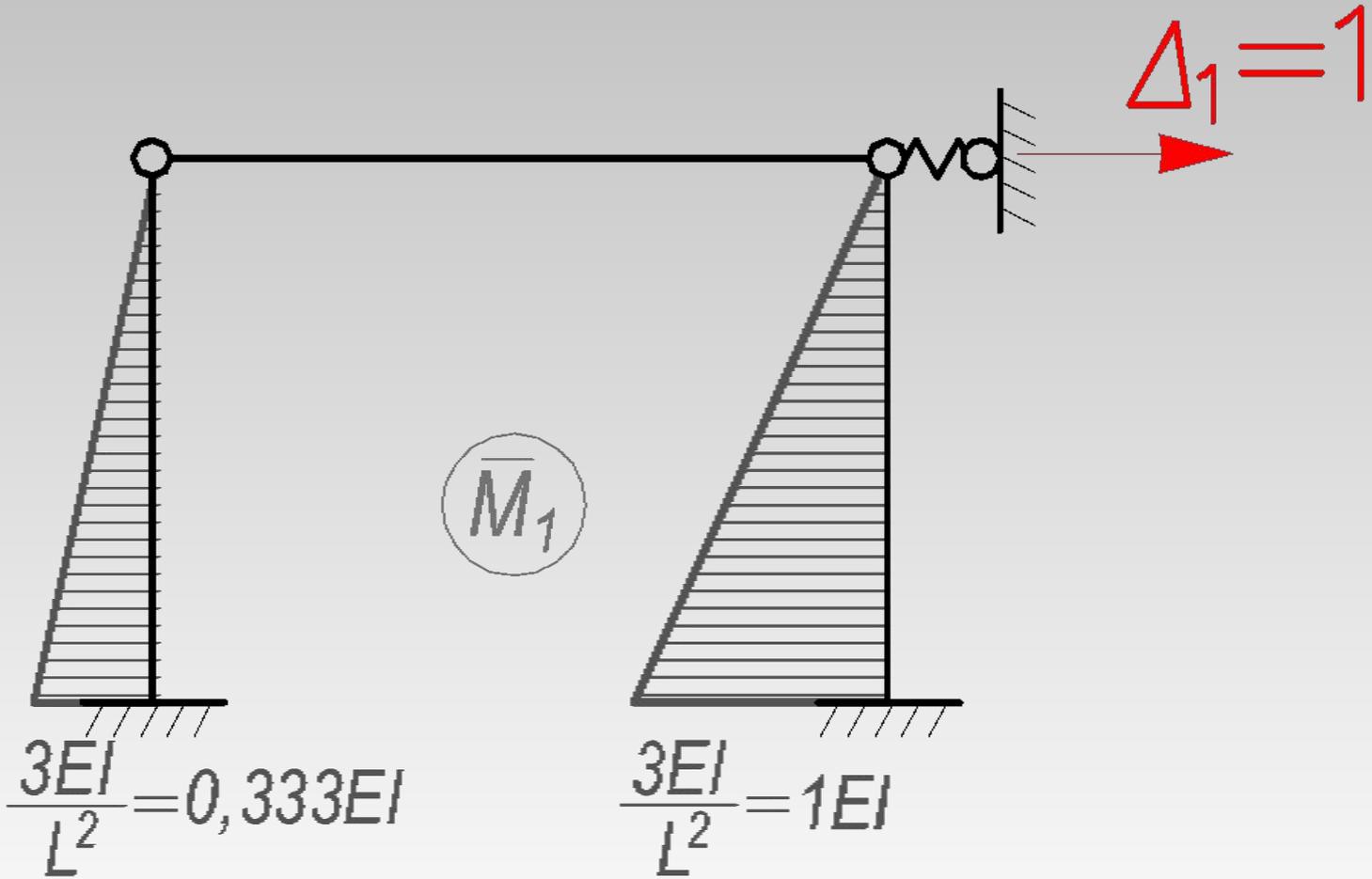


3. Канонические уравнения метода сил

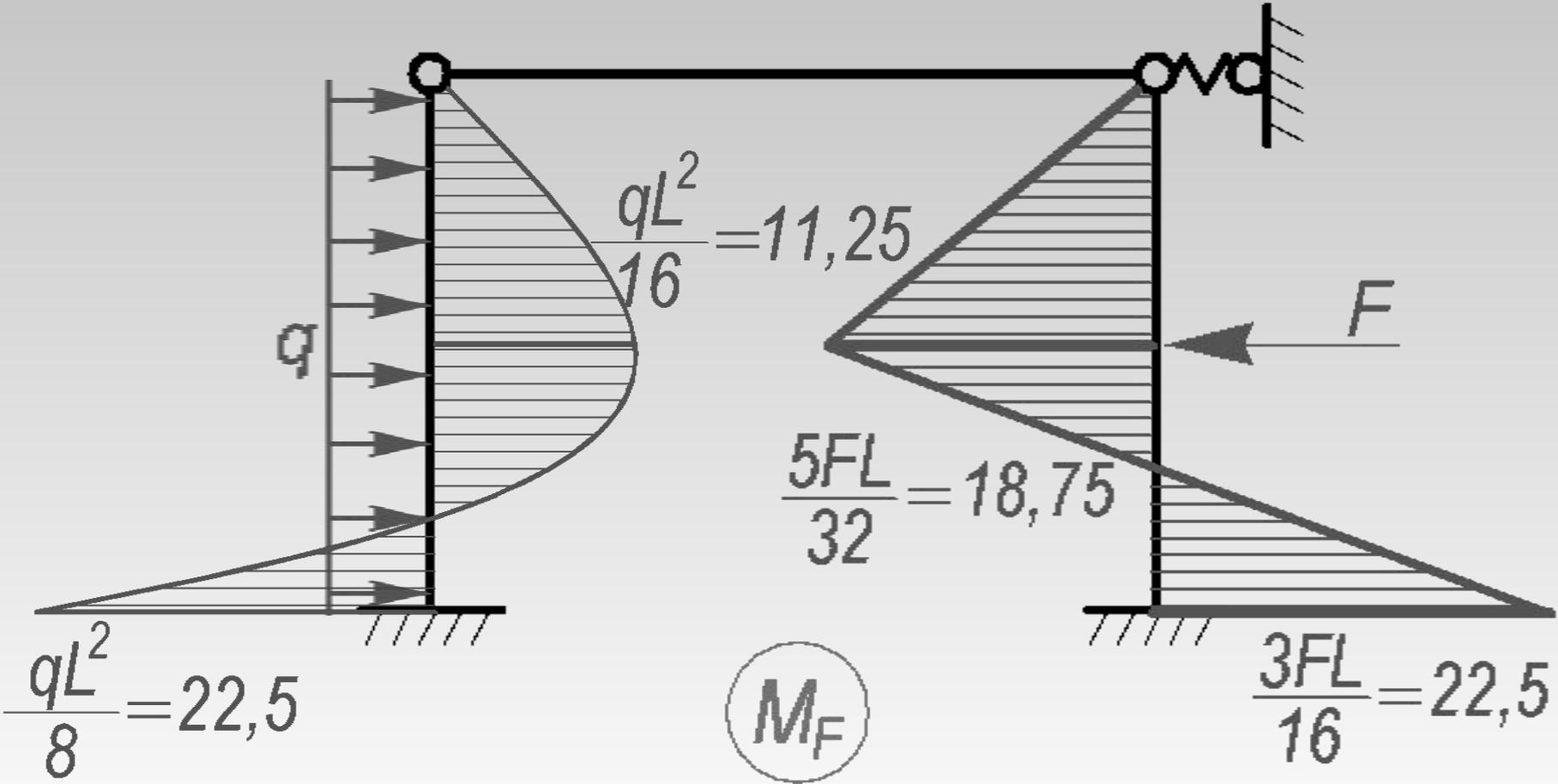
$$N = 1$$

$$r_{11} \cdot \Delta_1 + R_{1F} = 0$$

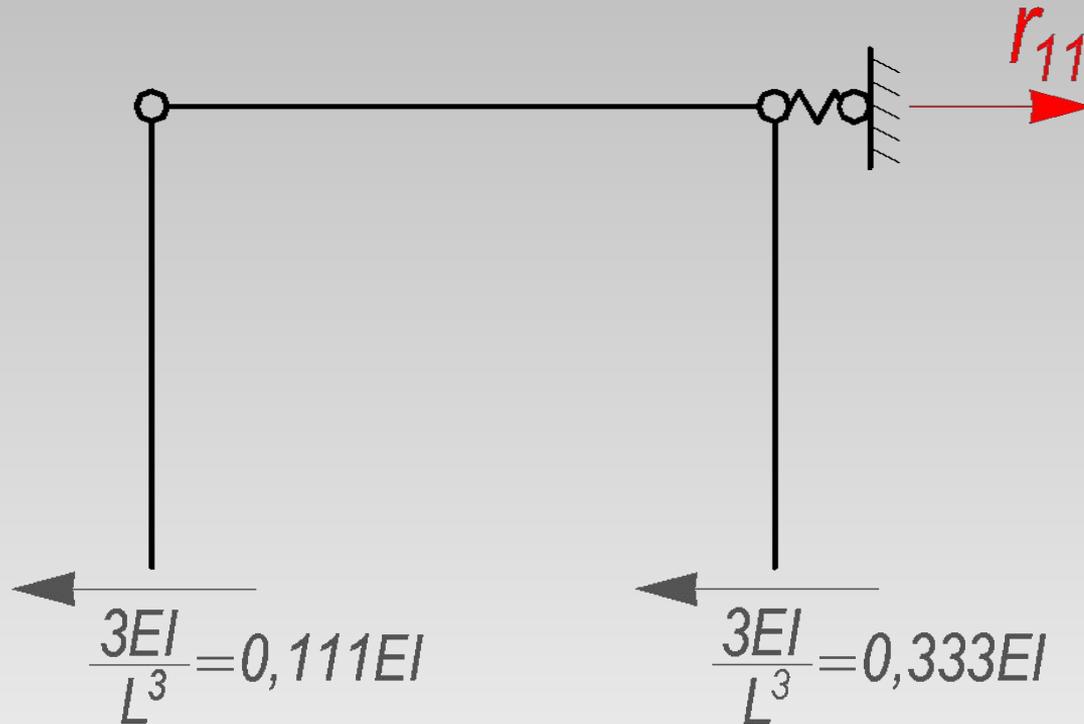
4. Определение перемещений от единичной нагрузки



4. Определение перемещений от внешней нагрузки



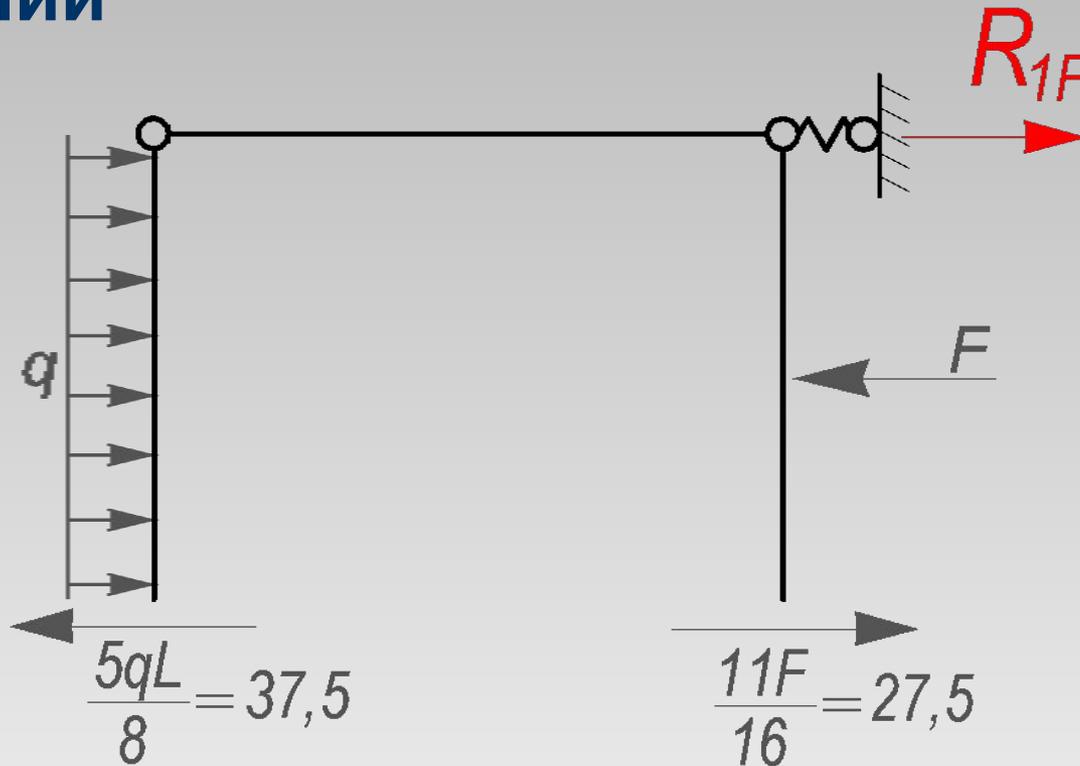
5. Подсчет коэффициентов канонических уравнений



$$\sum X = 0: r_{11} - 0,111EI - 0,333EI = 0,$$

$$r_{11} = 0,111EI + 0,333EI = 0,444EI$$

5. Подсчет коэффициентов канонических уравнений



$$\sum X = 0: R_{1F} + q \cdot 3 - F + \frac{11F}{16} - \frac{5ql}{8} = 0,$$

$$\circ R_{1F} = -10$$

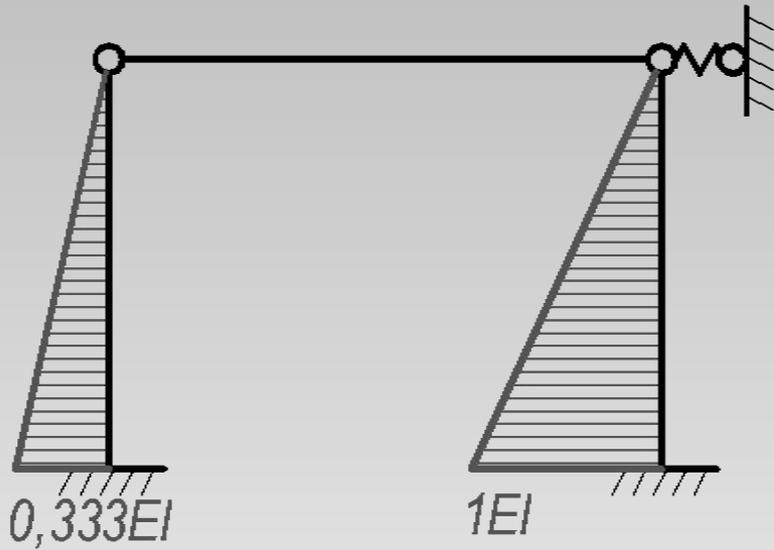
6. Решение канонических уравнений

$$r_{11} \cdot \Delta_1 + R_{1F} = 0$$

$$r_{11} \cdot \Delta_1 = -R_{1F} \rightarrow \Delta_1 = -\frac{R_{1F}}{r_{11}}$$

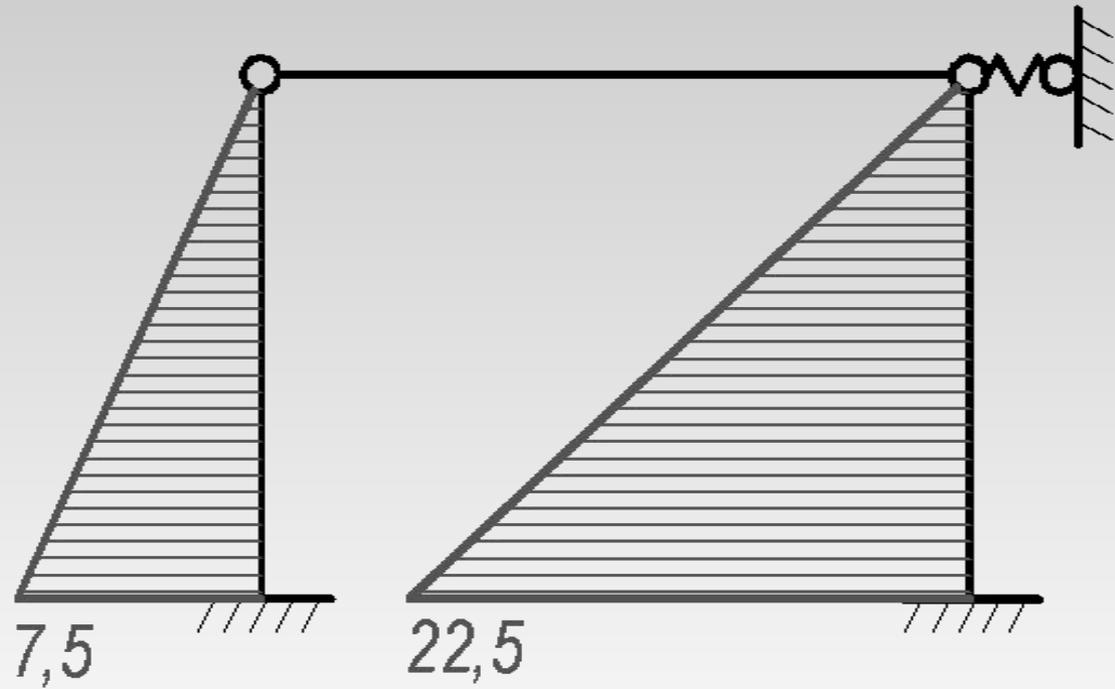
$$\Delta_1 = \frac{10}{0,444EI} = \frac{22,5}{EI}$$

7. Построение исправленной эпюры моментов



\bar{M}_1

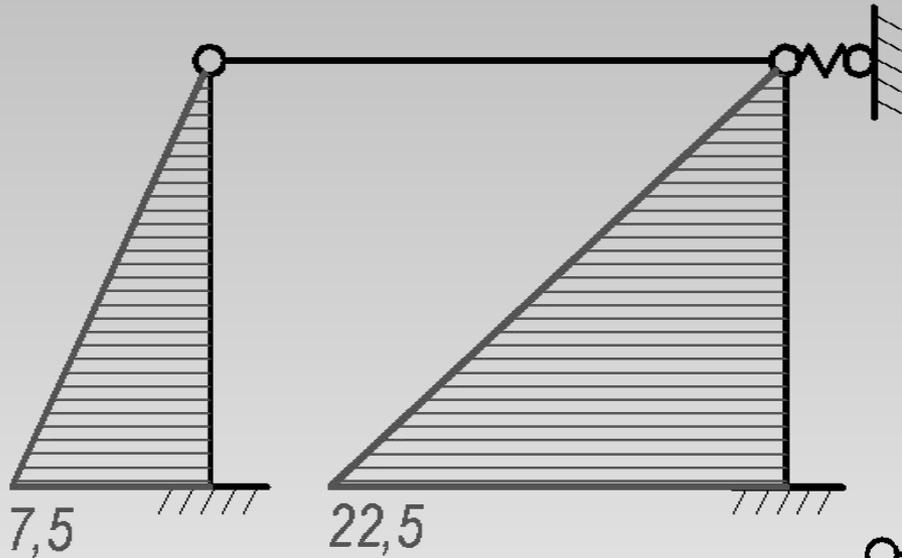
$$\Delta_1 = \frac{22,5}{EI}$$



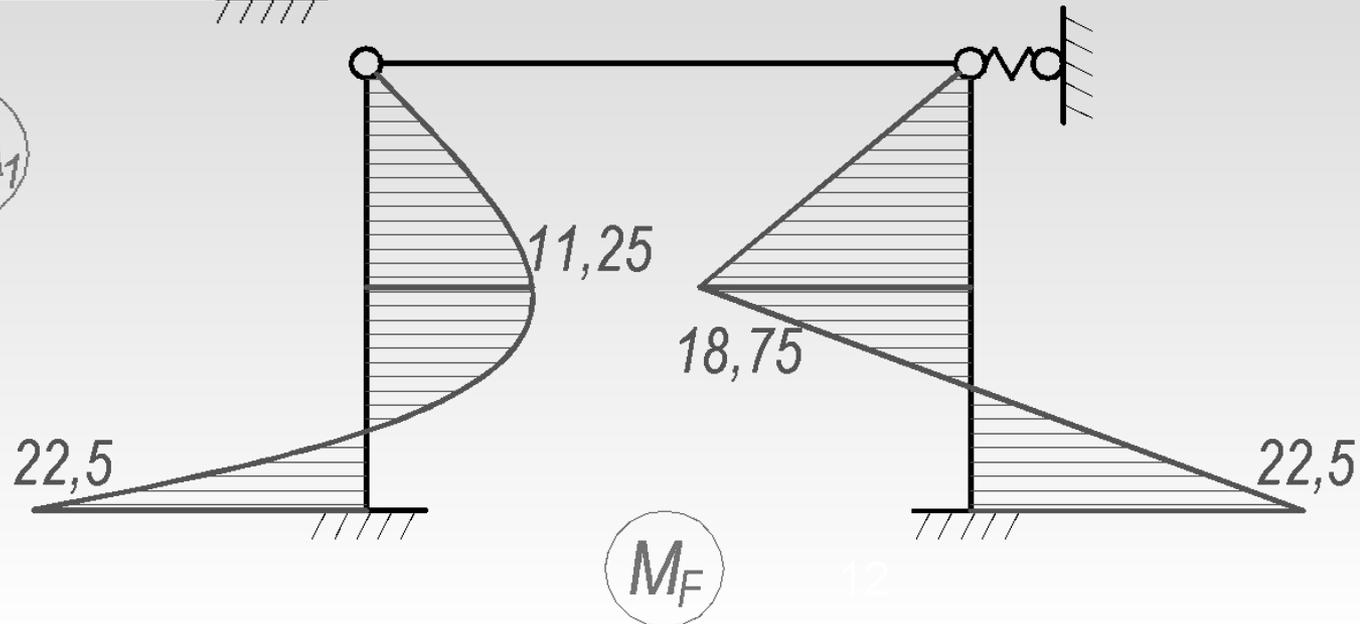
$\bar{M}_1 \Delta_1$

8. Построение окончательной эпюры моментов

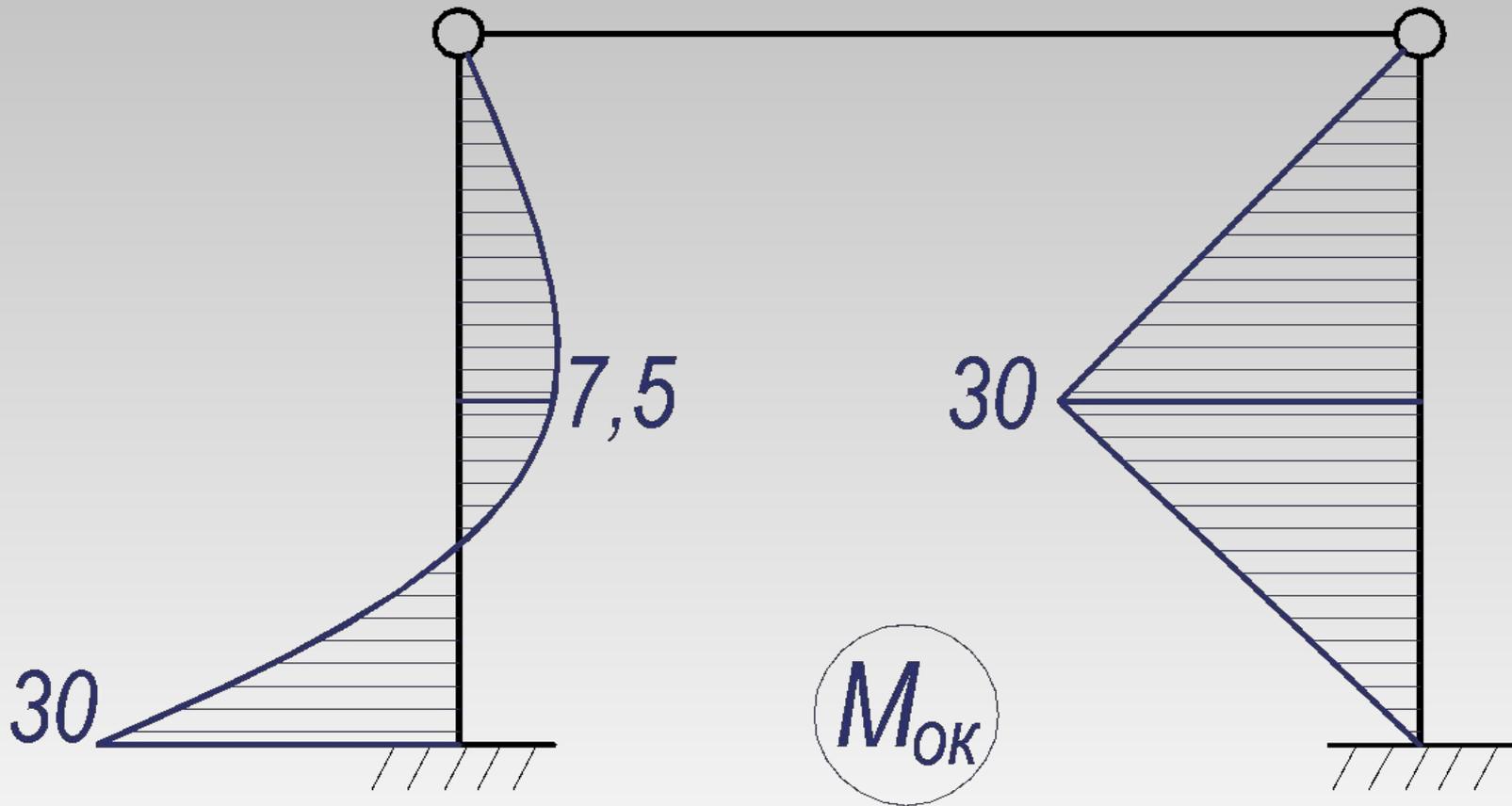
$$M_{OK} = \bar{M}_1 \cdot \Delta_1 + M_F$$



$$\bar{M}_1 \Delta_1$$



8. Построение окончательной эпюры моментов



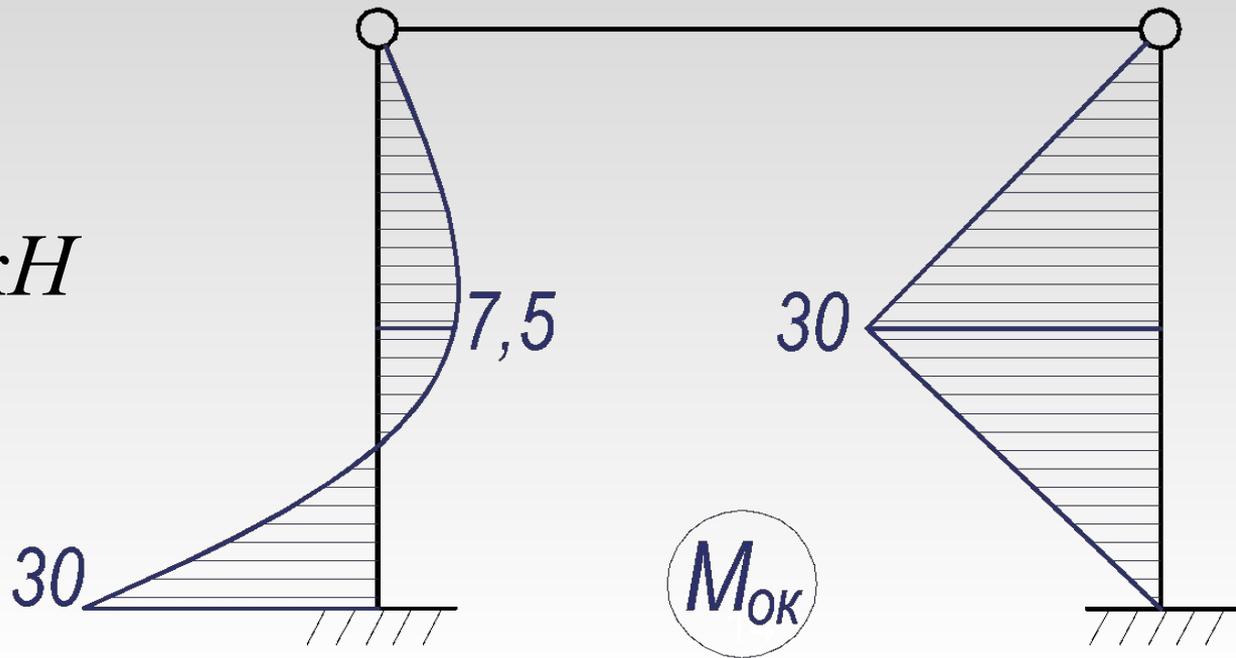
9. Построение эпюры поперечных усилий

$$Q = \frac{M_K - M_H}{l_{уч}} \pm \frac{q \cdot l_{уч}}{2}$$

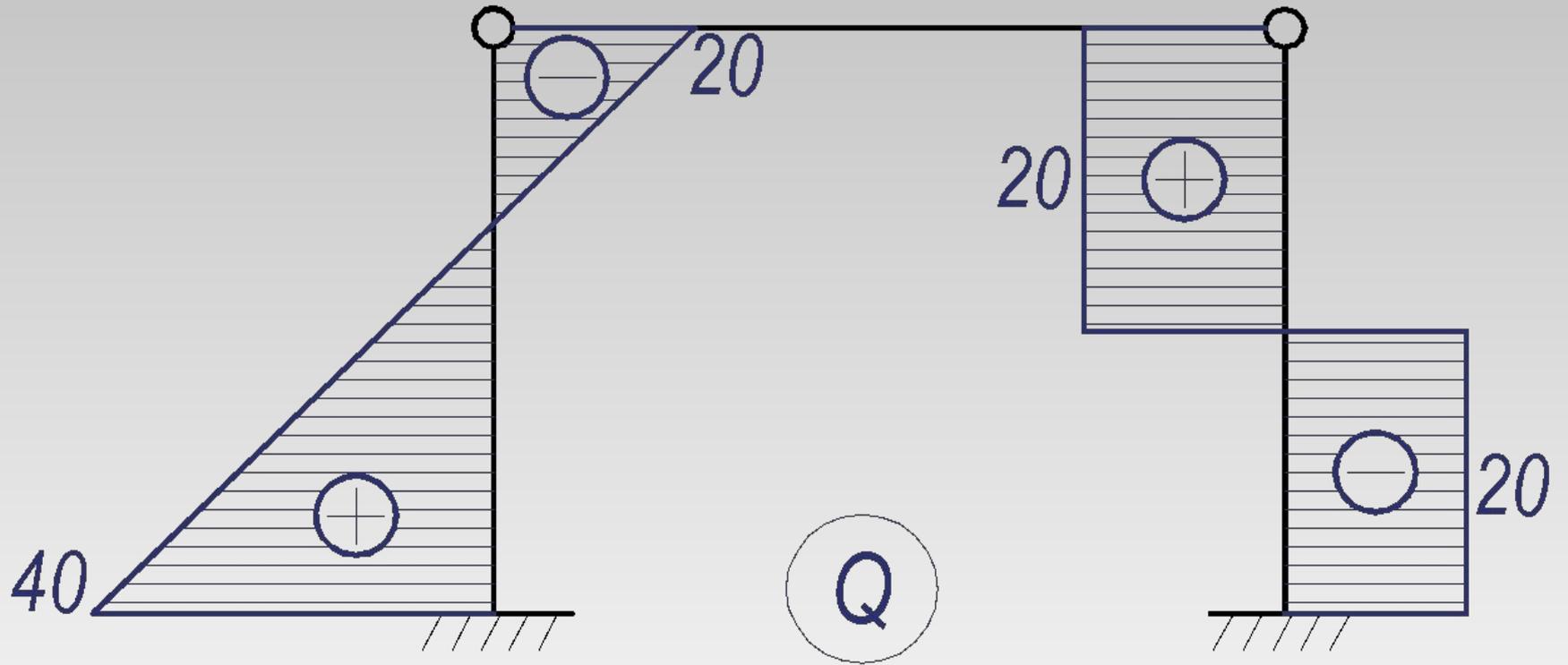
$$Q_1 = \frac{30}{3} \pm \frac{20 \cdot 3}{2} = \begin{matrix} 40 \text{ кН} \\ -20 \text{ кН} \end{matrix}$$

$$Q_2 = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ кН}$$

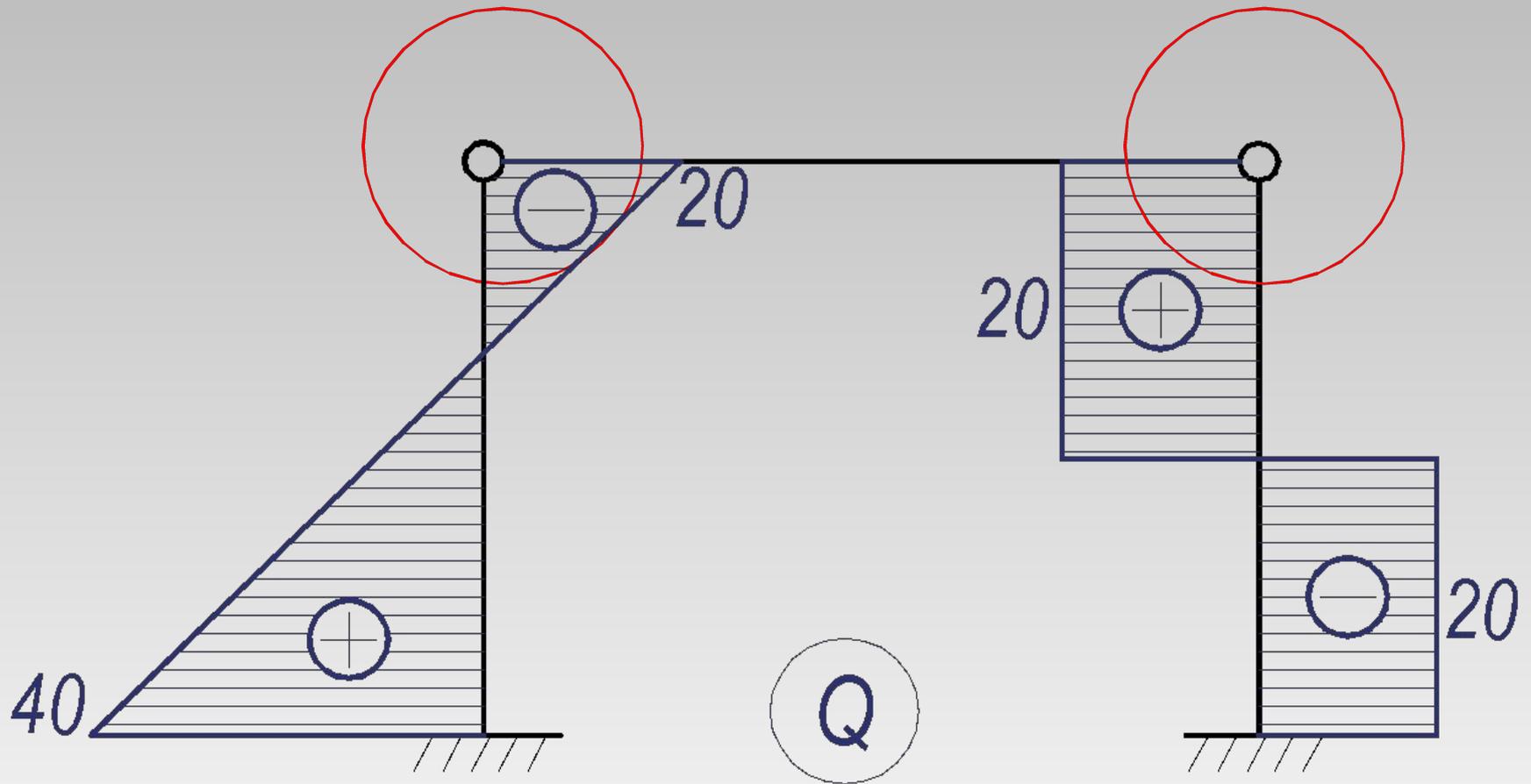
$$Q_3 = -\frac{30}{1,5} = -20 \text{ кН}$$



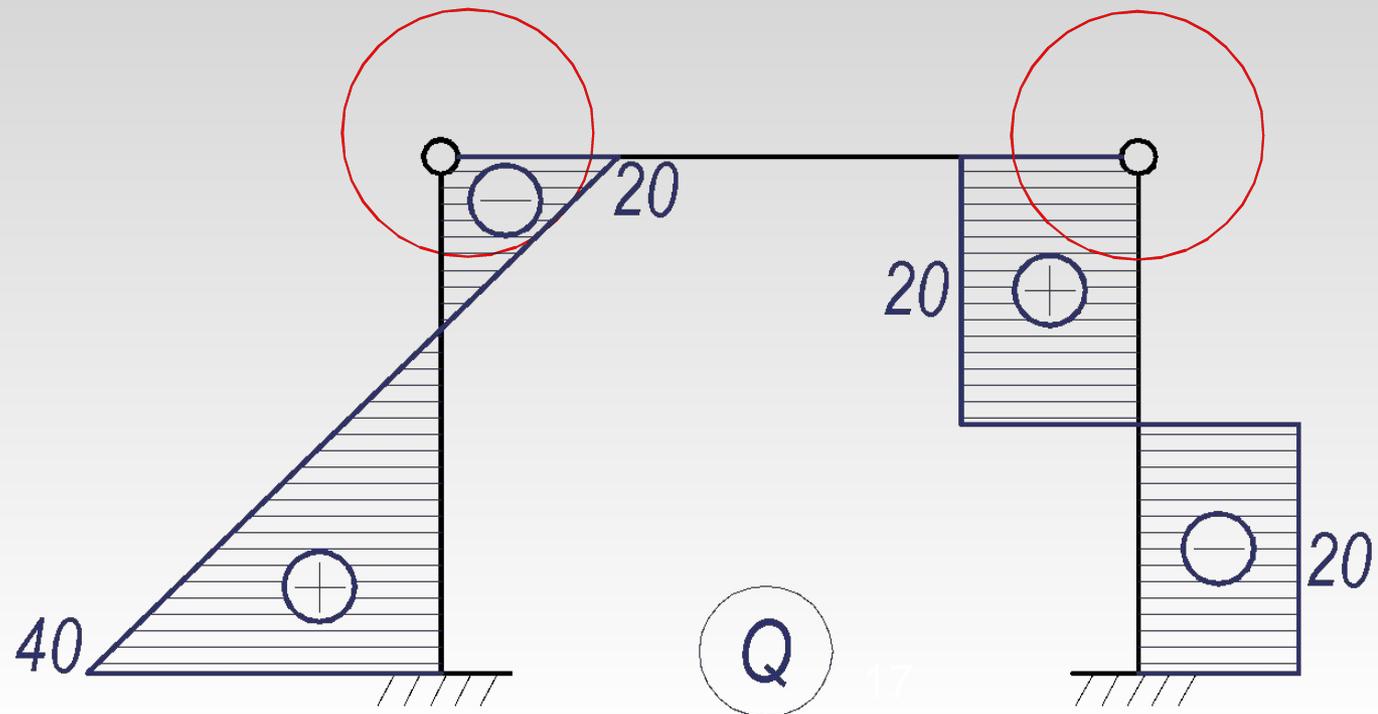
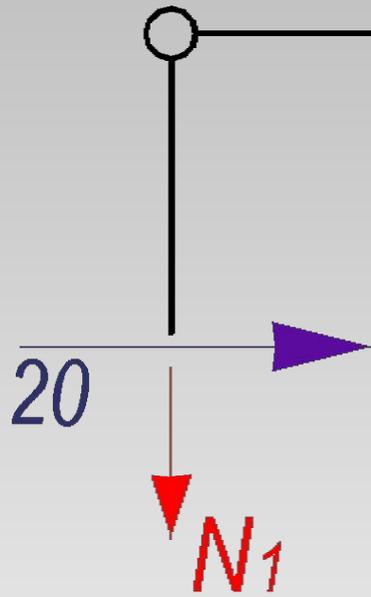
9. Построение эпюры поперечных усилий



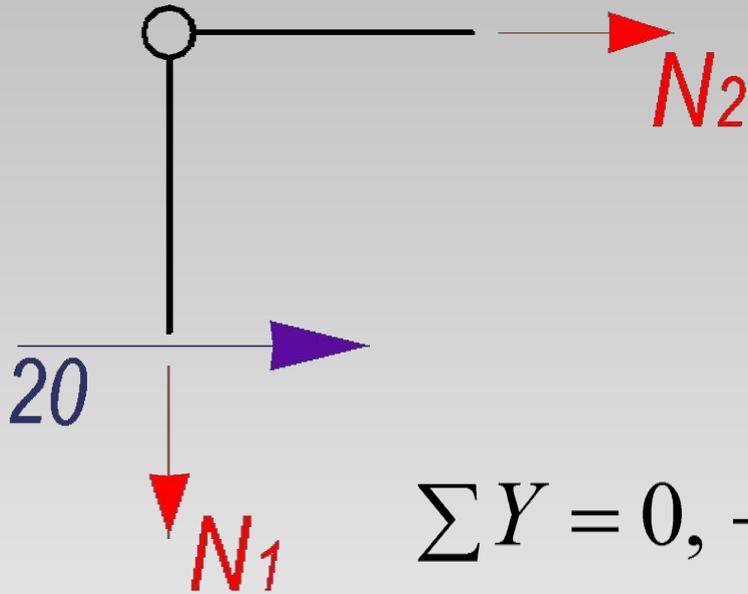
10. Построение эпюры продольных усилий



10. Построение эпюры продольных усилий



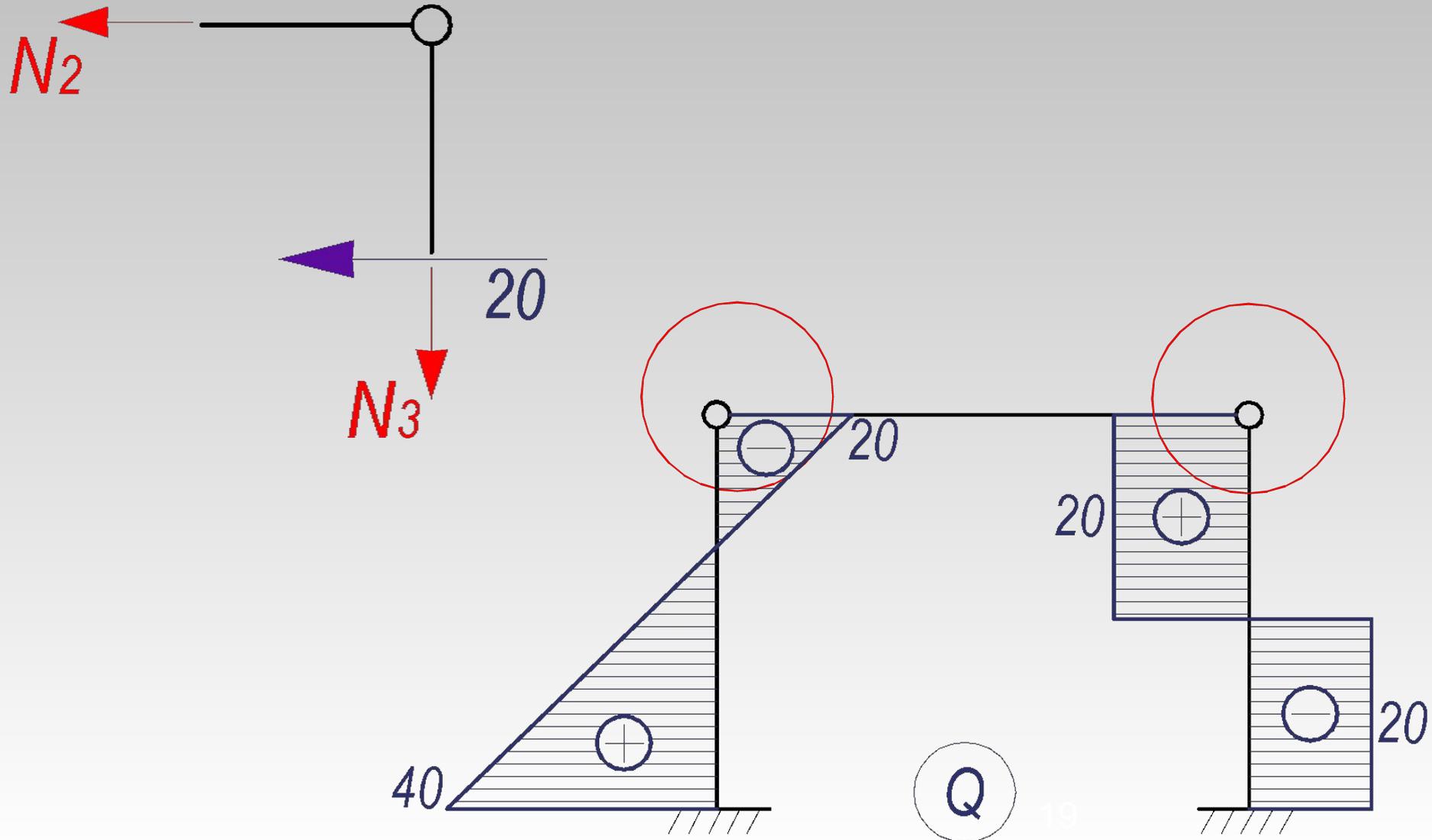
10. Построение эпюры продольных усилий



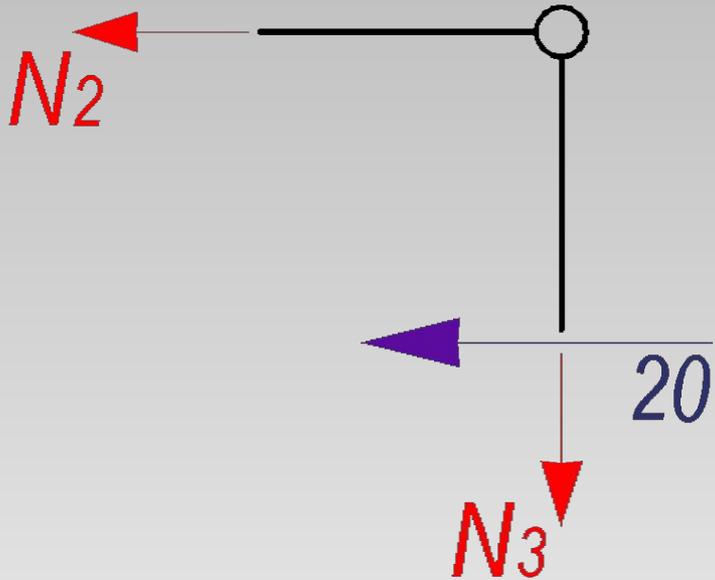
$$\sum Y = 0, -N_1 = 0 \rightarrow N_1 = 0$$

$$\sum X = 0, N_2 + 20 = 0 \rightarrow N_2 = -20 \text{ кН}$$

10. Построение эпюры продольных усилий



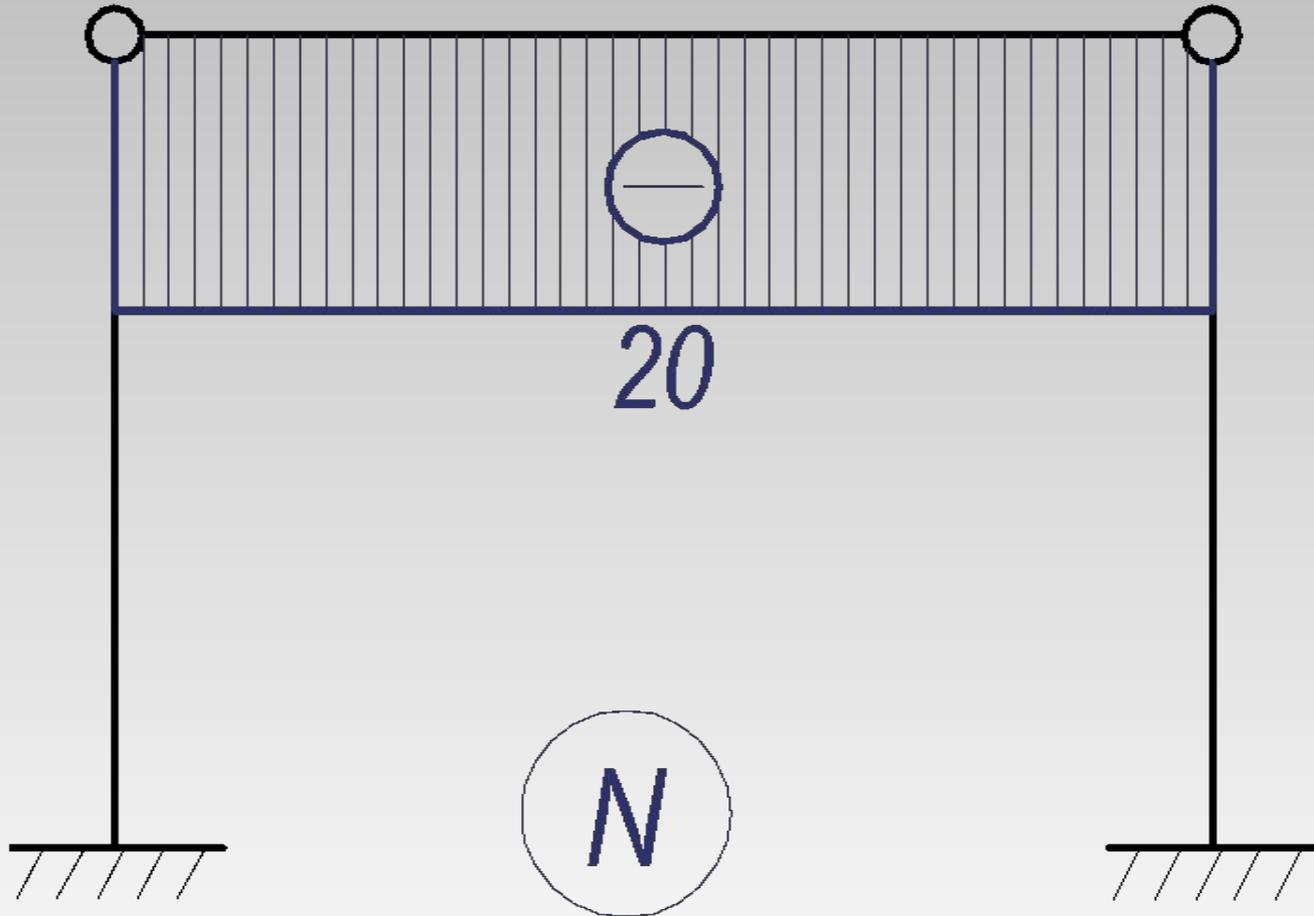
10. Построение эпюры продольных усилий



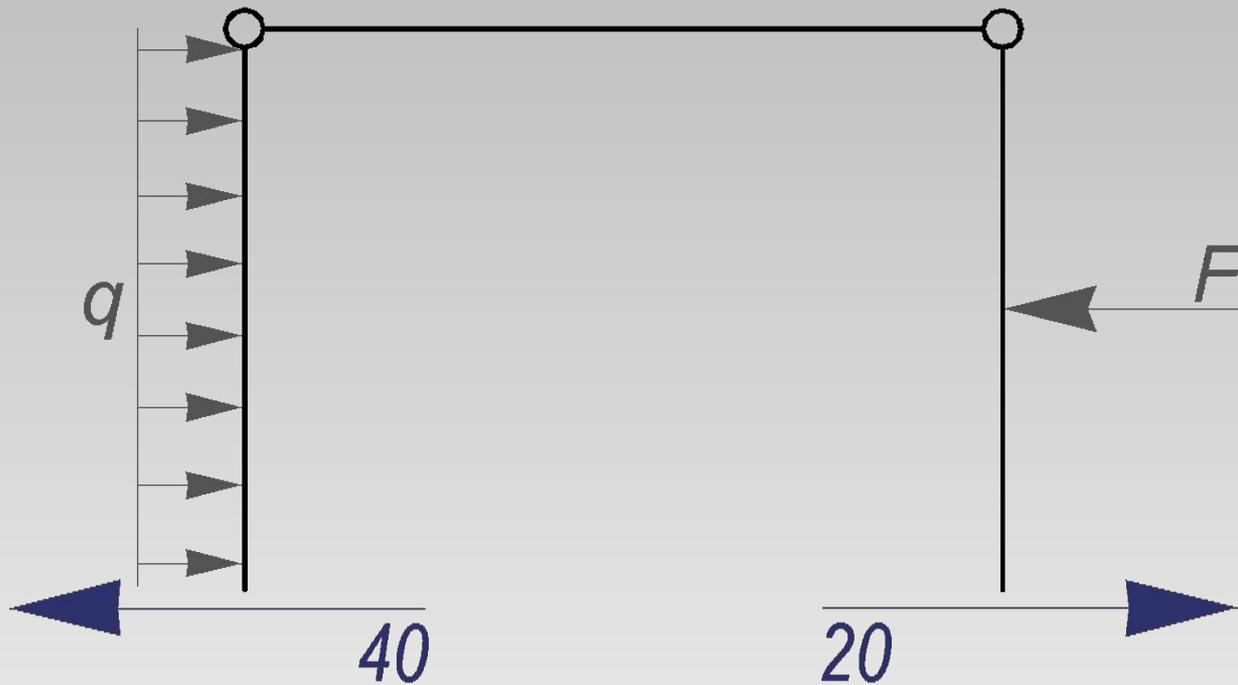
$$\sum Y = 0, -N_3 = 0 \rightarrow N_3 = 0$$

$$\sum X = 0, -N_2 - 20 = 0 \rightarrow N_2 = -20 \text{ кН}$$

10. Построение эпюры продольных усилий



11. Статическая проверка



$$\sum X = 0 : q \cdot 3 - F - 40 + 20 = 0$$