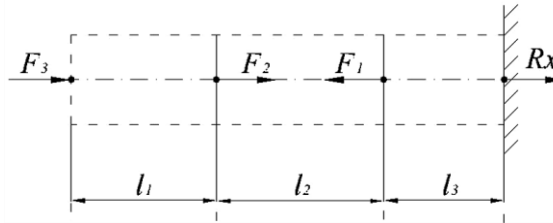


Пример решения задачи № 1:

Задание:

Для стержня ступенчато – переменного сечения из чугуна требуется:

1. Изобразить в масштабе длин стержень с указанием величин сил F_1 , F_2 , F_3 . Построить эпюру продольных сил N .
2. Определить из условия прочности площадь поперечного сечения стержня на каждом участке по допускаемым напряжениям на растяжение $[\sigma]_p = 80$ МПа и сжатие $[\sigma]_{сж} = 240$ МПа. При $N = 0$ принять площадь сечения, равную наименьшей на других участках.
3. Определить перемещения по участкам при модуле продольной упругости для чугуна $E_{ч} = 10^5$ МПа. Построить эпюру перемещений.
4. По перемещению конца стержня проверить его жесткость при условии, что допускаемое перемещение $[\Delta l] = (l_1 + l_2 + l_3)/500$.



Дано: $l_1 = 1,1$ м; $l_2 = 1,5$ м; $l_3 = 1,3$ м; $F_1 = 40$ кН; $F_2 = 15$ кН; $F_3 = 30$ кН.

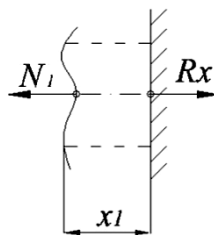
Решение:

Определим реакцию в заделке из уравнения равновесия:

$$\sum F_x = 0; \quad R_x + F_2 + F_3 - F_1 = 0, \quad (1)$$
$$R_x = 40 - 15 - 30 = -5 \text{ кН.}$$

Используя метод сечений, определим N_i , Δl_i по участкам стержня.

Участок I. Пределы изменения расстояния до сечения: $0 \leq x_1 \leq l_3$.



$$\sum F_x = 0; \quad R_x - N_1 = 0;$$
$$N_1 = R_x = -5, \text{ кН (сжатие).}$$

$$A_1 = \frac{|N_1|}{[\sigma]_{сж}}; \quad A_1 = 5 \cdot 10^3 / 240 \cdot 10^6 = 0,021 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$\Delta l_i = \Delta l_{oi} + \frac{N_i \cdot l_i}{E \cdot A_i}, \quad (2)$$

где Δl_{oi} – перемещение начального сечения i – ого участка стержня.

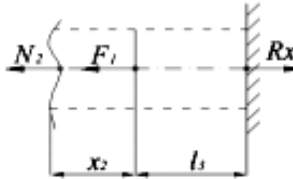
Тогда

$$\Delta l_1 = 0 + \frac{-5 \cdot 10^3 \cdot x_1}{10^{11} \cdot 0,021 \cdot 10^{-3}},$$

$$\Delta l_1(0) = 0; \quad \Delta l_1(l_3=1,3) = -3,095 \text{ мм.}$$

По результатам полученных расчетов построим эпюры N и Δl на первом участке (рис. 1).

Участок II. Пределы изменения расстояния до сечения: $0 \leq x_2 \leq l_2$.



$$\sum F_x = 0; \quad R_x - N_2 - F_1 = 0;$$

$$N_2 = R_x - F_1 = -45 \text{ кН (сжатие);}$$

$$A_2 = \frac{|N_2|}{[\sigma]_{\text{сж}}}; \quad A_2 = 45 \cdot 10^3 / 240 \cdot 10^6 = 0,188 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

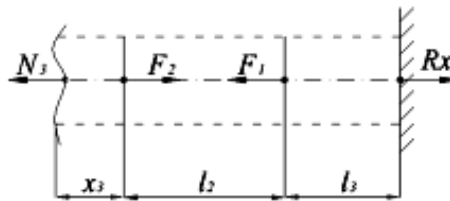
В соответствии с выражением (2) определим Δl_2 :

$$\Delta l_2 = -3,095 + \frac{-45 \cdot 10^3 \cdot x_2}{10^{11} \cdot 0,188 \cdot 10^{-3}},$$

$$\Delta l_2(0) = -3,095 \text{ мм}; \quad \Delta l_2(l_2=1,5) = -6,686 \text{ мм.}$$

По результатам полученных расчетов построим эпюры N и Δl на втором участке (рис. 1).

Участок III. Пределы изменения расстояния до сечения: $0 \leq x_3 \leq l_1$.



$$\sum F_x = 0; \quad R_x - N_3 - F_1 + F_2 = 0;$$

$$N_3 = R_x - F_1 + F_2 = -30, \text{ кН (сжатие).}$$

$$A_3 = \frac{|N_3|}{[\sigma]_{\text{сж}}}; \quad A_3 = 30 \cdot 10^3 / 240 \cdot 10^6 = 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

В соответствии с выражением (2) определим Δl_3 :

$$\Delta l_3 = -6,686 + \frac{-30 \cdot 10^3 \cdot x_3}{10^{11} \cdot 0,125 \cdot 10^{-3}},$$

$$\Delta l_3(0) = -6,686 \text{ мм}; \quad \Delta l_3(l_3=1,1) = -9,326 \text{ мм.}$$

Определим допускаемое перемещение:

$$[\Delta l] = (l_1 + l_2 + l_3) / 500 = (1,1 + 1,5 + 1,3) / 500 = 7,8 \text{ мм.}$$

Таким образом, жесткость стержня не достаточна.

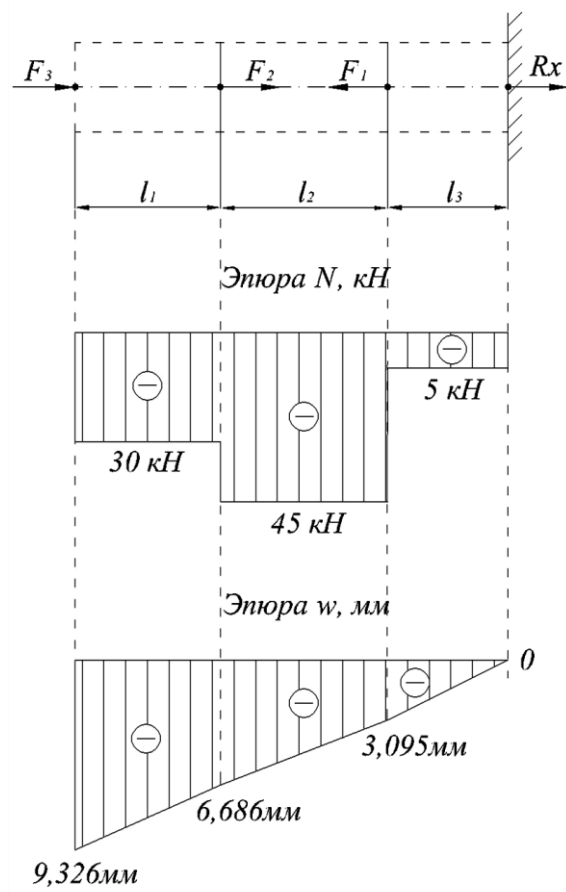


Рисунок 1 – Растяжение – сжатие стержня