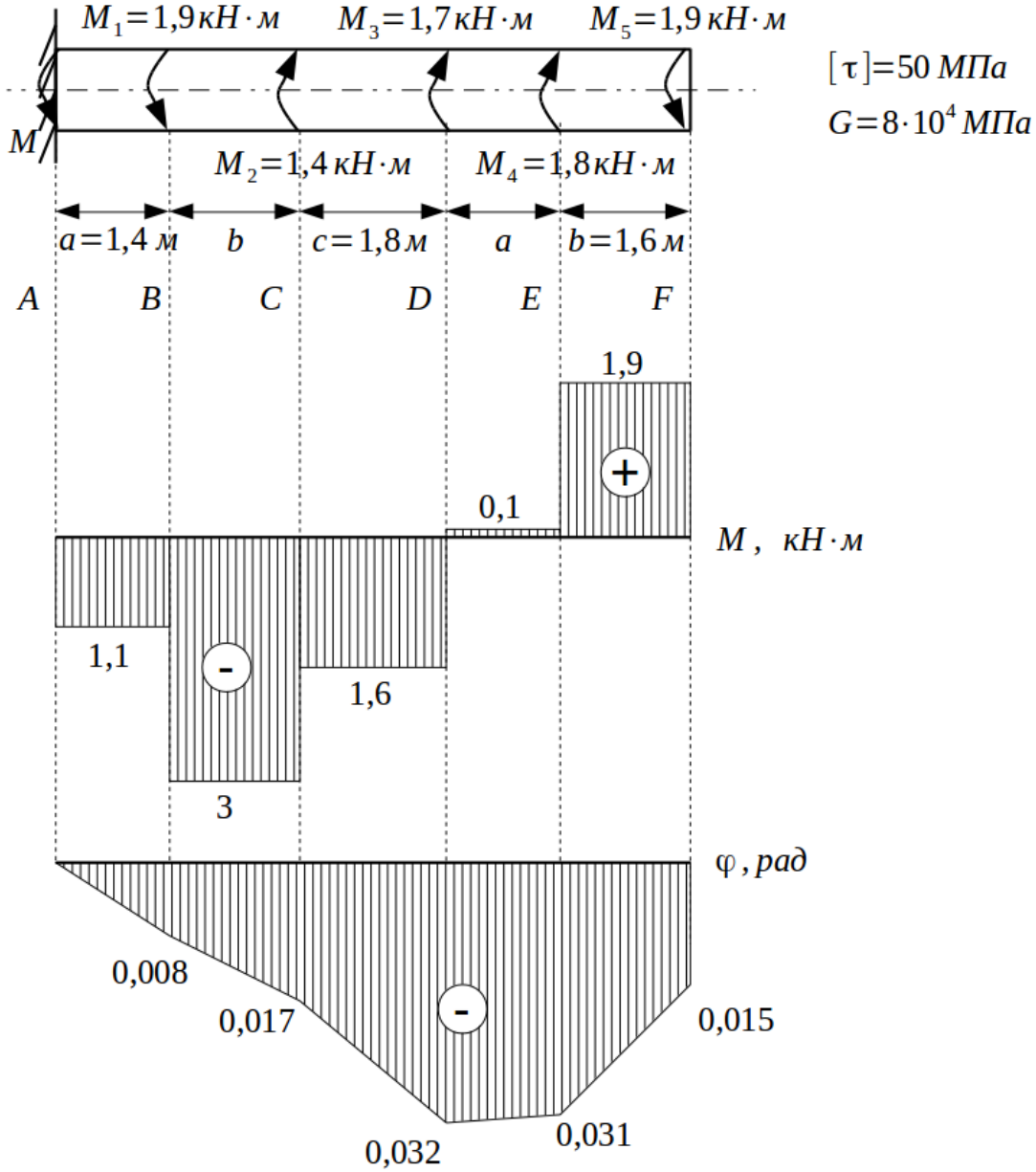
Задача 6



Из условия равновесия находим крутящий момент в заделке А:

$$-M-M_1+M_2+M_3+M_4-M_5=0 \;\Rightarrow\; M=-1{,}9+1{,}4+1{,}7+1{,}8-1{,}9=1{,}1\,кН\cdot м.$$

Крутящие моменты на участках:

$$M_{AB}=-M=-1{,}1\,кН\cdot м;$$

$$M_{BC}=-M-M_1=-1{,}1-1{,}9=-3\,кН\cdot м;$$

$$M_{CD}=-M-M_1+M_2=-1{,}1-1{,}9+1{,}4=-1{,}6\,кН\cdot м;$$

$$M_{DE}=-M-M_1+M_2+M_3=-1{,}1-1{,}9+1{,}4+1{,}7=0{,}1\,кН\cdot м;$$

$$M_{EF}=-M-M_1+M_2+M_3+M_4=-1{,}1-1{,}9+1{,}4+1{,}7+1{,}8=1{,}9\,кН\cdot м.$$

$$\frac{M_{max}}{W_p} \le [\tau] \;\Rightarrow\; W_p \approx 0{,}2\,d^3 \ge \frac{M_{max}}{[\tau]} \;\Rightarrow\; d \ge \sqrt[3]{\frac{M_{max}}{0{,}2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{3\cdot 10^6}{0{,}2\cdot 50}} \approx 66{,}9\,мм \;\Rightarrow\; d = 70\,мм.$$

Площадь сечения: $F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14\cdot 70^2}{4} = 3846{,}5\,мм^2.$

Полярный момент инерции: $J_p = \frac{\pi d^4}{32} = 3{,}14\cdot 70^4 = 2355981{,}25\,мм^4;$

$$GJ_p = 8\cdot 10^4\cdot 2355981{,}25\,Н\cdot мм^2 \approx 188{,}5\,кН\cdot м^2.$$

Углы закручивания характерных сечений:

$$\varphi_A = 0;$$

$$\varphi_B = \frac{M_{AB}\cdot a}{GJ_p} = \frac{-1{,}1\cdot 1{,}4}{188{,}5} \approx -0{,}008;$$

$$\varphi_C = \varphi_B + \frac{M_{BC}\cdot b}{GJ_p} = -0{,}008 - \frac{3\cdot 1{,}6}{188{,}5} \approx -0{,}017;$$

$$\varphi_D = \varphi_C + \frac{M_{CD}\cdot c}{GJ_p} = -0{,}017 - \frac{1{,}6\cdot 1{,}8}{188{,}5} \approx -0{,}032;$$

$$\varphi_E = \varphi_D + \frac{M_{DE}\cdot a}{GJ_p} = -0{,}032 + \frac{0{,}1\cdot 1{,}4}{188{,}5} \approx -0{,}031;$$

$$\varphi_F = \varphi_E + \frac{M_{EF}\cdot b}{GJ_p} = -0{,}031 + \frac{1{,}9\cdot 1{,}6}{188{,}5} \approx -0{,}015.$$

Наибольший относительный угол закручивания:

$$\theta_{max} = max\left\{\frac{\varphi_B-\varphi_A}{a};\frac{\varphi_C-\varphi_B}{b};\frac{\varphi_D-\varphi_C}{c};\frac{\varphi_E-\varphi_D}{a};\frac{\varphi_F-\varphi_E}{b}\right\} =$$
$$= max\left(-0{,}006;-0{,}006;-0{,}008;0{,}001;0{,}01\right) = 0{,}01\,рад.$$