

7 ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ И УГЛОВ ЗАКРУЧИВАНИЯ (ЗАДАНИЕ 6)

7.1 К стальному валу, имеющему сплошное поперечное сечение приложены четыре момента (рисунок 12). Левый конец вала жестко закреплен в опоре, а правый свободен. Требуется: а) построить эпюру крутящих моментов по длине вала; б) определить диаметры вала d_1 и d_2 из расчета на прочность; в) построить эпюру углов поворота поперечных сечений, приняв $G=8 \cdot 10^4$ МПа. Данные для расчета взять из таблицы 4.

Таблица 4- Исходные данные.

Варианты	Расстояние, м				Моменты, кН·м				[τ_k], МПа
	a	b	c	d	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
1	1,2	1,1	1,6	1,4	6,0	2,0	1,6	0,2	25
2	1,3	1,2	1,5	1,8	5,8	2,1	1,5	0,3	30
3	1,4	1,3	1,2	1,6	5,6	2,3	1,4	0,4	35
4	1,5	1,4	1,1	1,7	5,4	2,4	1,3	0,5	40
5	1,6	1,5	1,0	1,3	5,2	2,5	1,2	0,6	45
6	1,1	1,6	1,3	1,5	5,0	2,6	1,1	0,7	50
7	1,2	1,5	1,4	1,7	4,8	2,7	1,0	0,8	55
8	1,3	1,4	1,2	1,8	4,6	2,8	0,9	0,9	60
9	1,4	1,3	1,0	1,6	4,4	2,9	0,8	1,0	65
10	1,5	1,2	1,1	1,8	4,2	3,0	0,7	1,1	70

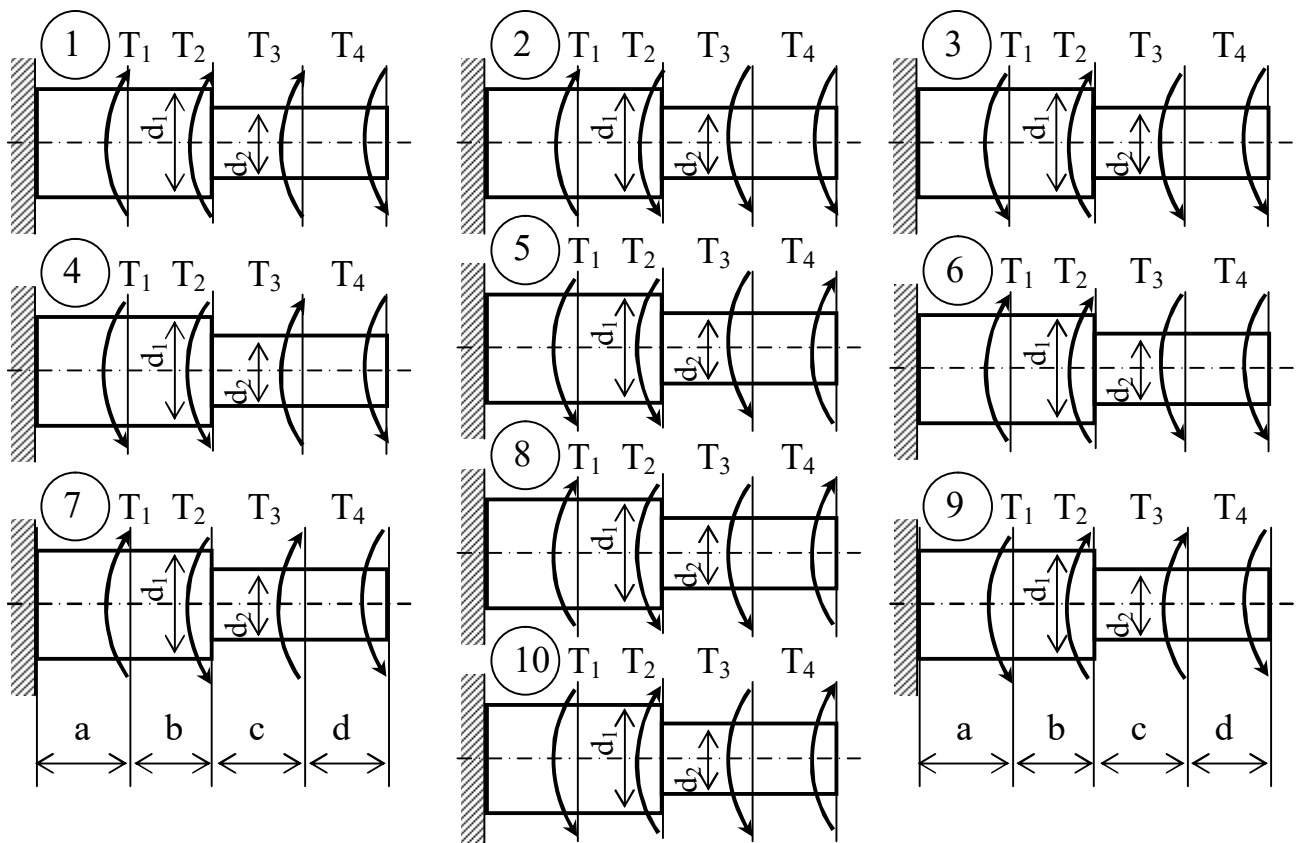


Рисунок 12

7.2 Пример выполнения задания 6.

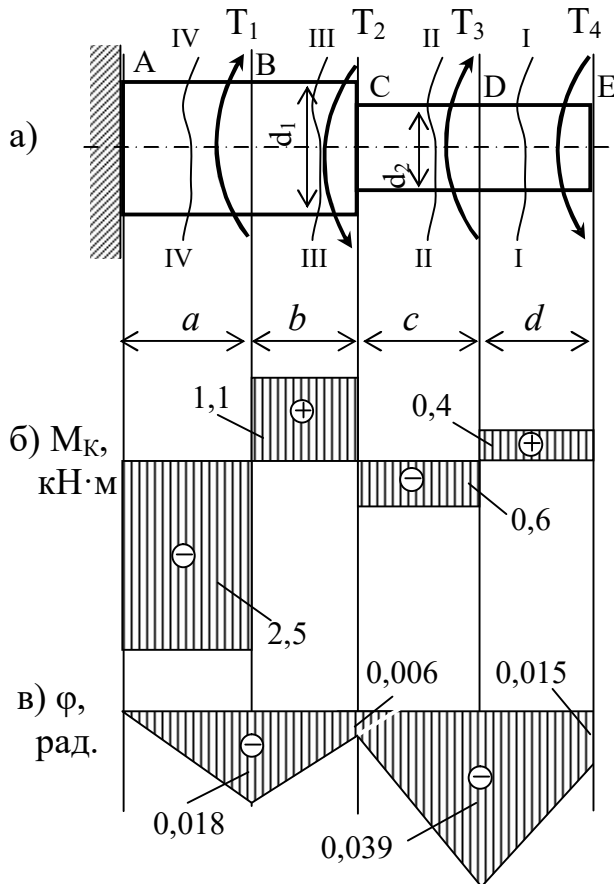


Рисунок 13

Исходные данные:

$$T_1=3,6 \text{ кНм}; T_2=1,7 \text{ кНм}; T_3=1,0 \text{ кНм}; \\ T_4=0,4 \text{ кНм}; a=1 \text{ м}; b=1,5 \text{ м}; c=1,1 \text{ м}; \\ d=1,2 \text{ м}; [\tau_k]=50 \text{ МПа}.$$

Решение. 1) Построение эпюры крутящих моментов. Разбиваем вал на участки, внутри которых действие внешних приложенных моментов постоянно (рисунок 13а).

Применяем метод сечений:

сечение I-I

$$M_{K1}-T_4=0; \text{ откуда } M_{K1}=T_4=0,4 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

сечение II-II

$$M_{K2}-T_4+T_3=0; \text{ откуда } M_{K2}=T_4-T_3= \\ 0,4-1,0=-0,6 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

сечение III-III

$$M_{K3}-T_4+T_3-T_2=0; \text{ откуда } \\ M_{K3}=T_4-T_3+T_2=0,4-1,0+1,7=1,1 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

сечение IV-IV

$$M_{K4}-T_4+T_3-T_2+T_1=0; \text{ откуда } \\ M_{K4}=T_4-T_3+T_2-T_1=0,4-1,0+1,7-3,6=-2,5 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

По полученным данным строим эпюру крутящих моментов (рисунок 13 б).

2) Размеры поперечных сечений определим по формуле:

$$d \geq \sqrt[3]{M_{K_{\max}}/0,2 \cdot [\tau_k]} \text{ откуда}$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{2,5 \cdot 10^6/0,2 \cdot 50} = 63 \text{ мм}; \text{ принимаем } d_1=65 \text{ мм}.$$

$$d_2 \geq \sqrt[3]{0,6 \cdot 10^6/0,2 \cdot 50} = 39 \text{ мм}; \text{ принимаем } d_2=40 \text{ мм}.$$

3) Построение эпюры углов поворота сечений. Из условия жесткости

$$\varphi=M_{Ki} \cdot l_i / G \cdot I_p,$$

где полярный момент инерции определим по формулам:

$$\text{для III и IV сечений } I_{P2}=\pi \cdot d_2^4/32=3,14 \cdot 4,0^4/32=25,12 \text{ см}^4;$$

$$\text{для I и II сечений } I_{P1}=\pi \cdot d_1^4/32=3,14 \cdot 6,5^4/32=175,16 \text{ см}^4.$$

Определение углов поворота сечений ведем с защемленного конца, т.к. в заделке угол поворота $\varphi_A=0$. В других точках:

$$\varphi_B=\varphi_A+M_{K4} \cdot a / G \cdot I_{P1}=0-2,5 \cdot 1 \cdot 10^5/8 \cdot 10^4 \cdot 175,16=-0,018 \text{ рад};$$

$$\varphi_C=\varphi_B+M_{K3} \cdot b / G \cdot I_{P1}=-0,018+1,1 \cdot 1,5 \cdot 10^5/8 \cdot 10^4 \cdot 175,16=-0,006 \text{ рад};$$

$$\varphi_D=\varphi_C+M_{K2} \cdot c / G \cdot I_{P2}=-0,006-0,6 \cdot 1,1 \cdot 10^5/8 \cdot 10^4 \cdot 25,12=-0,039 \text{ рад};$$

$$\varphi_E=\varphi_D+M_{K1} \cdot d / G \cdot I_{P2}=-0,039+0,4 \cdot 1,2 \cdot 10^5/8 \cdot 10^4 \cdot 25,12=-0,015 \text{ рад}.$$

По полученным значениям φ строим эпюру углов поворота сечений вала (рисунок 13 в).