

Ув. студенты! Ознакомиться с практическим заданием, выполнить задание, согласно своего варианта. Выполненное задание предоставить до **22.02** на электронный адрес преподавателя [vika-lnr@mail.ru](mailto:vika-lnr@mail.ru)

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

## Практическая работа

**Тема:** Расчеты при кручении

**Цель:** Научиться определять величину крутящих моментов, определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания

### Список рекомендованной литературы

- 1 Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 1989
- 2 Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 1986

**Задание:** Определить величину крутящих моментов для каждого участка, построить эпюру крутящих моментов, определить диаметр вала на каждом участке, определить угол закручивания каждого участка. Принять мощность на колесах:

Схему и исходные данные выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале (таблицы 1 и 2).

Для всех вариантов принимать:  $[\tau] = 25 \text{ МПа}$ ;  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$

### Порядок выполнения

- 1 Изобразить расчетную схему.
- 2 Разбить вал на участки и пронумеровать их.
- 3 Определить мощность на колесах.

4 Определить вращающие моменты на колесах:  $M_{вр} = \frac{P}{\omega} \text{ Нм}$ , (1)

где  $P$  – мощность на колесе ( $\text{Вт}$ ),  $\omega$  – угловая скорость ( $\text{рад/с}$ )

5 Определить крутящие моменты на каждом участке –  $M_k$ .

6 Построить эпюру крутящих моментов –  $M_k$ .

7. Из условия прочности при кручении:  $\tau_{kmax} = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau]$  (2)

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого

участка:  $W_p \geq \frac{M_k}{[\tau]}$  (3)

8 Определить диаметр вала для каждого участка:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2^3; \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{16W_p}{\pi}} \approx \sqrt[3]{5W_p} \quad (4)$$

Округлить полученное значение диаметра до стандартного.

9 Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4 (\text{мм}) \quad (5)$$

10 Определить углы закручивания каждого участка, приняв длины участков одинаковыми и равными  $\ell = 300 \text{ мм}$

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_k \cdot \ell}{G \cdot J_p} \quad (6)$$

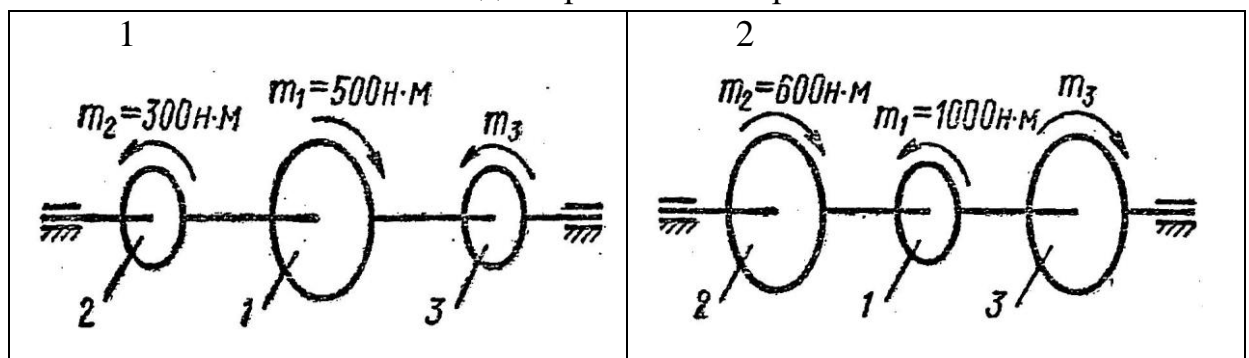
Таблица 1

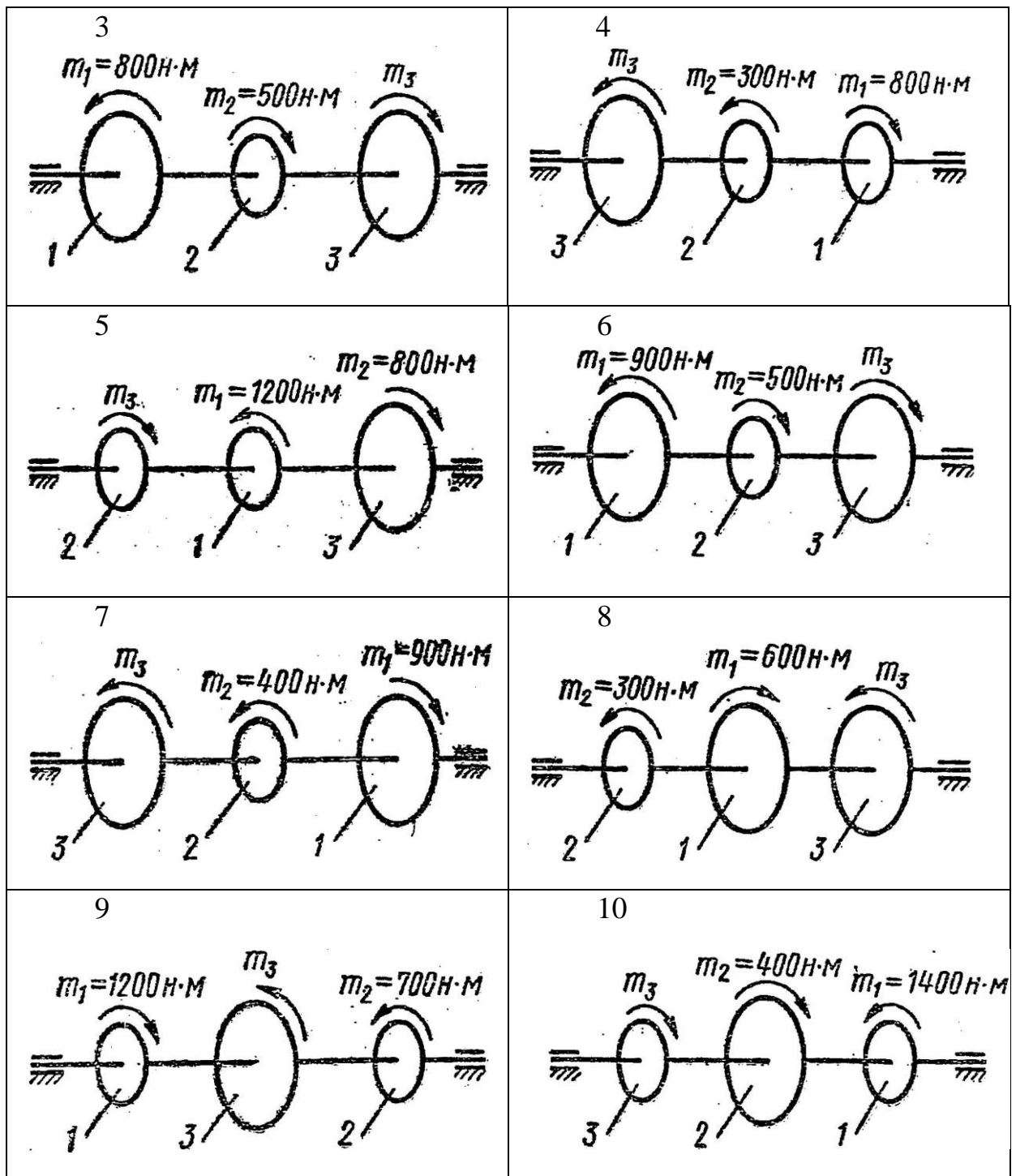
Задание для практической работы

Вариант	P, кВт	$\omega^{\text{рад/с}}$	№ схемы
1, 11, 21.	30	20	1
2, 12, 22.	22	30	2
3, 13, 23.	15	10	3
4, 14, 24.	18	40	4
5, 15, 25.	10	30	5
6, 16, 26.	25	35	6
7, 17, 27.	35	40	7
8, 18, 28.	24	15	8
9, 19, 29.	50	100	9
10, 20, 30.	11	24	10

Таблица 2

Схемы для практической работы №7





### **Пример выполнения практической работы**

Стальной вал вращается, передавая на шкивы моменты  $M_i$ .  
Необходимо:

- 1) Определить значение уравновешенного момента  $M_0$ , если  $\sum M_i = 0$ ;
- 2) Выбрать рациональное расположение шкивов на валу, построить эпюры крутящих моментов по длине вала. Дальнейшие расчеты проводить для вала с рационально расположенными шкивами;

- 3) Определить размеры сплошного вала круглого и кольцевого сечений из расчетов на прочность, приняв  $[\tau_{кр}] = 30$  МПа; и  $c = 0,9$ . Проверить жесткость вала, если  $[\varphi_0] = 0,02$  рад/м;  $G = 8 \cdot 10^4$  МПа;
- 4) Выбрать рациональное сечение для вала

**Дано:**  $P_3 = 150$  кВт;  $P_1 = 50$  кВт;  $P_2 = 40$  кВт;  $\omega = 5$  рад/с;

**Найти:**  $d$ ;  $D$ ,  $d_0$

**Решение:**

1. Определяем вращающие моменты на валу:

$$M_1 = P_1 / \omega = 50 / 5 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_2 = P_2 / \omega = 40 / 5 = 8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega = 150 / 5 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\sum M_i = 0; \quad M_0 = M_1 + M_2 + M_3 = 10 + 8 + 30 = 48 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Определяем крутящие моменты на участках заданной схемы вала (схема а):

$$\text{Участок АВ, сечение I-I; } M_{кр1} = -M_3 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Участок ВС, сечение II-II; } M_{кр2} = -M_3 - M_2 = -30 - 8 = -38 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Участок CD, сечение III-III; } M_{кр3} = -M_3 - M_2 - M_1 = -30 - 8 - 10 = -48 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$|M_{кр\max}| = 48 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Выбираем рациональное расположение шкивов на валу:

схема б – переставляем в заданной схеме точки D и C:

$$\text{Участок АВ, сечение I-I; } M_{кр1} = -M_3 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Участок BD, сечение II-II; } M_{кр2} = -M_3 - M_2 = -30 - 8 = -38 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Участок DC, сечение III-III; } M_{кр3} = -M_3 - M_2 + M_0 = -30 - 8 + 48 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$|M_{кр\max}| = 38 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

схема в – переставляем в заданной схеме точки D и B:

$$\text{Участок AD, сечение I-I; } M_{кр1} = -M_3 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Участок DC, сечение II-II; } M_{кр2} = -M_3 + M_0 = -30 + 48 = 18 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Участок CB, сечение III-III; } M_{кр3} = -M_3 + M_0 - M_1 = -30 + 48 - 10 = 8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$|M_{кр\max}| = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Рациональное расположение шкивов на схеме в -  $|M_{кр\max}| = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

4. Определяем диаметр вала из расчета на прочность:

$$W_x = \frac{M_{кр}}{[\tau_{кр}]} = \frac{30 \cdot 10^6}{30} = 10^6 \text{ мм}^3;$$

Момент сопротивления кручению:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^6}{3,14}} = 1,72 \cdot 10^2 \text{ мм}; \quad d = 180 \text{ мм};$$

Сплошное сечение:

Кольцевое сечение: 
$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi(1 - 0,9^4)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^6}{3,14(1 - 0,9^4)}} = 2,46 \cdot 10^2 \text{ мм};$$
  
 $D = 250 \text{ мм};$  тогда  $d_0 = 250 \cdot 0,9 = 220 \text{ мм}.$

5. Проверяем жесткость вала:

Полярный момент инерции вала:  $J_p = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 180^4}{32} = 103008 \cdot 10^3 \text{ мм}^4$

Угол закручивания  $\varphi_0 = \frac{M_{кр}}{G \cdot J_p} = \frac{30 \cdot 10^6}{8 \cdot 10^4 \cdot 103008 \cdot 10^3} = 3,64 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм};$

$\varphi_0 = 3,64 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм} = 3,64 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м} = 0,004 \text{ рад/м};$   $\varphi_0 < [\varphi_0];$   $0,004 < 0,02;$   
 Условие жесткости выполняется.

6. Выбираем рациональное сечение для вала - сравниваем массы и габариты сечений:

$$\frac{m}{m_k} = \frac{A}{A_k} = \frac{d^2}{D^2 - (d_0)^2} = \frac{180^2}{250^2 - 220^2} = 2,3; \quad \frac{D}{d_0} = \frac{250}{180} = 1,4$$

Вал кольцевого сечения легче сплошного вала в 2,3 раза; а габариты сечений отличаются на 40 %. Выбираем для вала кольцевое сечение.

Ответ:  $d = 180 \text{ мм}; D = 250 \text{ мм}, d_0 = 220 \text{ мм}.$

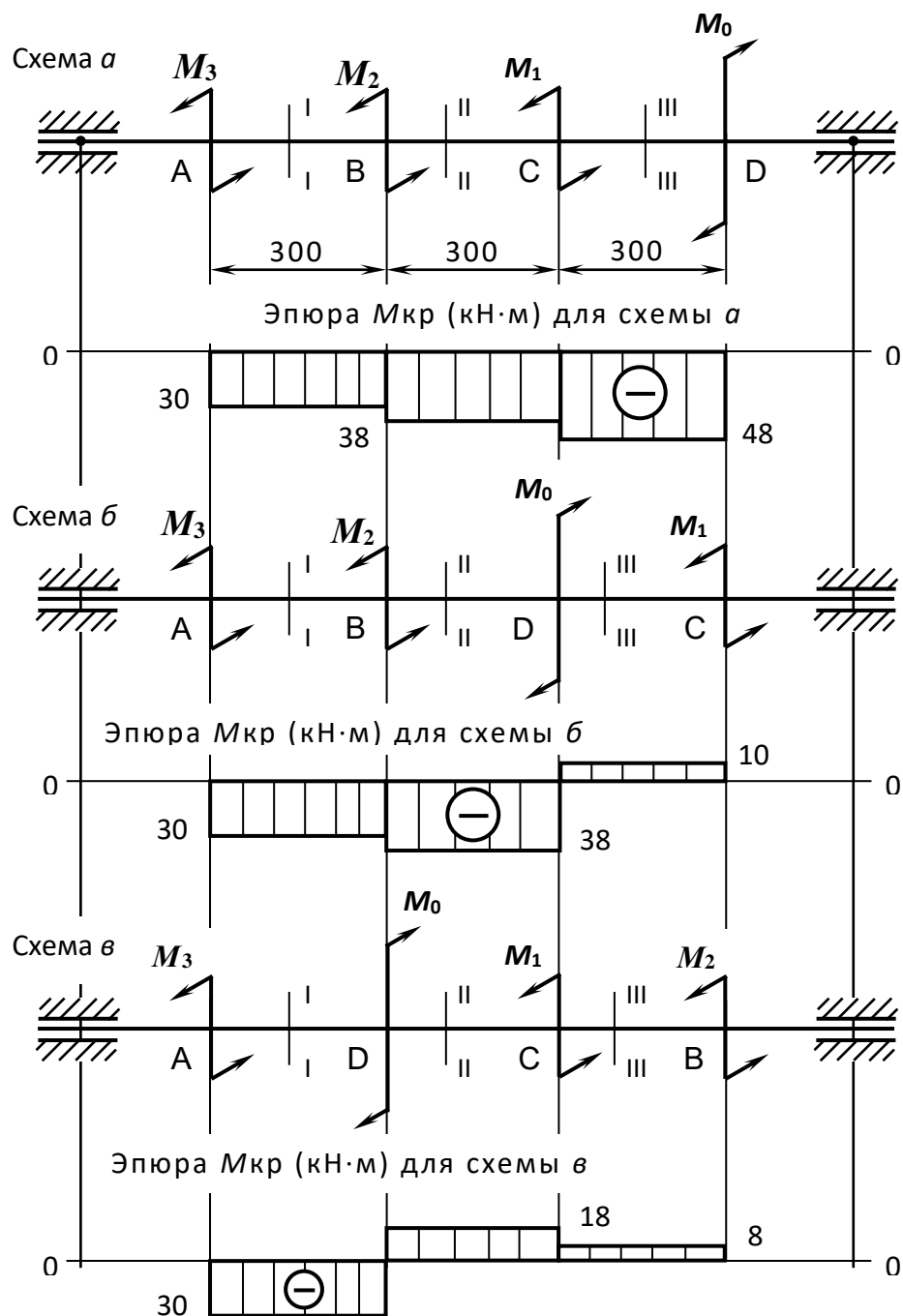


Рисунок 1 – Пример выполнения