

Практическое занятие 8

Тема 2.5. Кручение. Расчеты на прочность и жесткость при кручении

Знать формулы для расчета напряжений в точке поперечного сечения бруса, условия прочности и жесткости при кручении.

Уметь выполнять проектировочные и проверочные расчеты круглого бруса для статически определимых систем, проводить проверку на жесткость.

Основные положения расчетов при кручении

Распределение касательных напряжений по сечению при кручении (рис. П8.1)

Касательное напряжение в точке А:

$$\tau_A = \frac{M_k \rho_A}{J_p},$$

где ρ_A — расстояние от точки А до центра сечения.

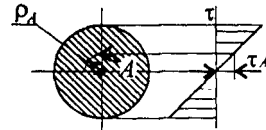


Рис. П8.1

Условие прочности при кручении

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k]; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3 \quad (\text{круг}),$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16}(1 - c^4) \quad (\text{кольцо}),$$

M_k — крутящий момент в сечении, Н·м, Н·мм;

W_p — момент сопротивления при кручении, м³, мм³;

$[\tau_k]$ — допускаемое напряжение при кручении, Н/м², Н/мм².

Проектировочный расчет, определение размеров поперечного сечения

Сечение — круг:
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau_k]}}$$

Сечение — кольцо:
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2(1 - c^4)[\tau_k]}}$$

где d — наружный диаметр круглого сечения;

$d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр кольцевого сечения; $c = d_{\text{вн}}/d$.

Определение рационального расположения колес на валу

Рациональное расположение колес — расположение, при котором максимальное значение крутящего момента на валу — наименьшее из возможных.

Для экономии металла сечение бруса рекомендуется выполнить кольцевым.

Условие жесткости при кручении

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{G\mathcal{J}_p} \leq [\varphi_0]; \quad G \approx 0,4E,$$

G — модуль упругости при сдвиге, Н/м², Н/мм²;

E — модуль упругости при растяжении, Н/м², Н/мм².

$[\varphi_0]$ — допускаемый угол закручивания, $[\varphi_0] \cong 0,5 \div 1$ град/м;

\mathcal{J}_p — полярный момент инерции в сечении, м⁴, мм⁴.

Проектировочный расчет, определение наружного диаметра сечения

$$\mathcal{J}_p \geq \frac{M_k}{G[\varphi_0]}; \quad \mathcal{J}_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 \quad (\text{круг}); \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32\mathcal{J}_p}{\pi}}.$$

$$\mathcal{J}_p = \frac{\pi d^4}{32}(1 - c^4) \quad (\text{кольцо}); \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32\mathcal{J}_p}{\pi(1 - c^4)}}.$$

Рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

1. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала для предложенной в задании схемы.

2. Выбрать рациональное расположение колес на валу и дальнейшие расчеты проводить для вала с рационально расположенными шкивами.

3. Определить потребные диаметры вала круглого сечения из расчета на прочность и жесткость и выбрать наибольшее из полученных значений, округлив величину диаметра.

4. Сравнить затраты металла для случая круглого и кольцевого сечений. Сравнение провести по площадям поперечных сечений валов.

Площади валов рассчитать в наиболее нагруженном сечении (по максимальному крутящему моменту на эпюре моментов). (Пример решения в лекции 28.)

Расчетно-графическая работа

Для стального вала круглого поперечного сечения определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент.

Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

Рациональным расположением шкивов на валу добиться уменьшения значения максимального крутящего момента на валу.

Построить эпюру крутящих моментов для этого случая.

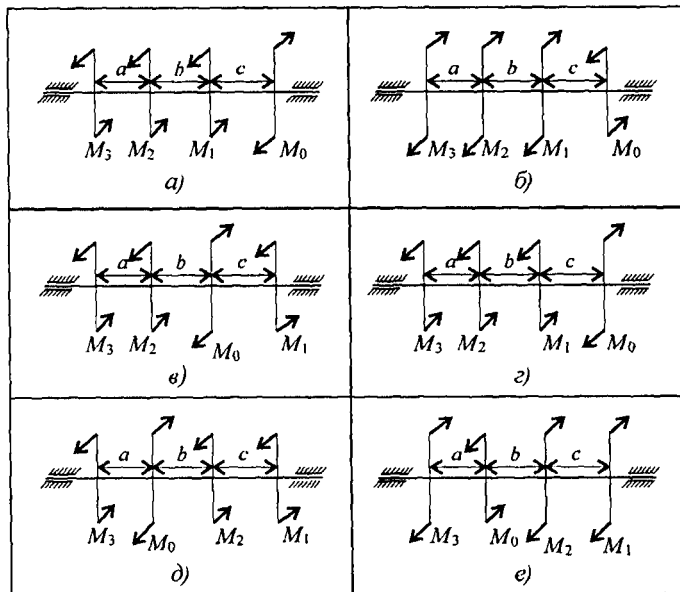
Дальнейшие расчеты вести для вала с рациональным расположением шкивов.

Определить диаметры вала по сечениям из расчетов на прочность и жесткость. Полученный больший результат округлить до ближайшего четного или оканчивающегося на 5 числа.

При расчете использовать следующие данные: вал вращается с угловой скоростью 25 рад/с; материал вала — сталь, допускаемое напряжение кручения 30 МПа, модуль упругости при сдвиге $8 \cdot 10^4$ МПа; допускаемый угол закручивания $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м.

Провести расчет для вала кольцевого сечения, приняв $c = 0,9$. Сделать выводы о целесообразности выполнения вала круглого или кольцевого сечения, сравнив площади поперечных сечений.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a = b = c, \text{ м}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$P_1, \text{ кВт}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
$P_2, \text{ кВт}$	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
$P_3, \text{ кВт}$	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0



При защите работы ответить на вопросы тестового задания.

Тема 2.5. Кручение

Вопросы		Ответы	Код
1. Выбрать эпюру, соответствующую заданию.		А	1
		Б	2
		В	3
		Верный ответ не приведен	4

Продолжение		
В о п р о с ы	О т в е т ы	К о д
2. В каком порядке рациональнее расположить шкивы, чтобы получить минимальную нагрузку на вал? (См. схему к вопросу 1.)	$m_2; m_1; m_3; m_0$	1
	$m_1; m_2; m_3; m_0$	2
	$m_2; m_1; m_0; m_3$	3
	$m_3; m_1; m_0; m_2$	4
3. Указать размерность величины в знаменателе $\tau_{\max} = \frac{M_k}{W_p}$	МПа	1
	мм ²	2
	мм ³	3
	Н·м	4
4. Определить диаметр бруса из условия прочности, если максимальный крутящий момент 1300 Н·м, допускаемое напряжение материала $[\tau] = 50$ МПа.	48 мм	1
	51 мм	2
	5,1 мм	3
	72 мм	4
5. Как изменится угол закручивания вала, если крутящий момент увеличится в 2 раза, а диаметр увеличится в 4 раза?	Увеличится в 4 раза	1
	Увеличится в 256 раз	2
	Уменьшится в 256 раз	3
	Уменьшится в 128 раз	4