

ПЛАН ЗАНЯТИЯ

Дата **25.01.2023г.** Группа: ХКМ 2/1. Курс: второй. Семестр: IV

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Расчет на кручение бруса круглого поперечного сечения

Вид занятия: Практическое

Форма проведения занятия: Объяснительно - иллюстративная

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Математика, начертательная геометрия

Обеспечиваемые: Техническая механика, Инженерная графика

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. М.: Высшая школа, 2014
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2012.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.

Практическая работа №7

Тема: Расчет на кручение бруса круглого поперечного сечения

Цель: Научиться проводить проектировочный расчет вала при кручении.

Теоретическое обоснование

Кручение круглого бруса происходит при нагружении его парами сил с моментами в плоскостях, перпендикулярных продольной оси. При этом образующие бруса искривляются и разворачиваются на угол γ , называемый *углом сдвига*. Поперечные сечения разворачиваются на угол φ , называемый *углом закручивания*.

Кручением называется нагружение, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор – крутящий момент.

Внешними нагрузками также являются две противоположно направленные пары сил. Крутящий момент в сечении равен сумме моментов внешних сил, действующих на отсеченную часть. Крутящие моменты могут меняться вдоль оси бруса. После определения величин моментов по сечениям строим график – эпюру крутящих моментов вдоль оси бруса.

Крутящий момент считается положительным, если моменты внешних пар сил направлены по часовой стрелке.

Ход работы

Задание. Стальной вал вращается с угловой скоростью ω (рад/с), передавая на шкивы мощности P_i , как показано на схеме. Необходимо:

- 1) Определить значения скручивающих моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент, если $M_f=0$;
- 2) Построить эпюры крутящих моментов по длине вала;
- 3) Определить размеры сплошного вала круглого и кольцевого сечений из расчетов на прочность и жесткость, приняв $[\tau]=30$ МПа; $[\varphi_0]=0,02$ рад/м; $c=0,9$;
- 4) Сравнить валы круглого и кольцевого сечения в зависимости от массы и габаритов.

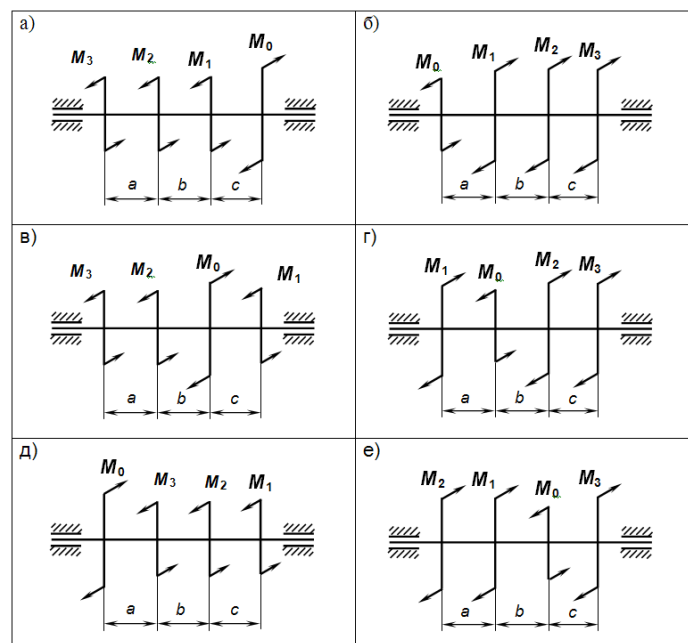
Данные своего варианта взять из таблицы 1.

Таблица 1. Данные для расчетов

Вариант	Схема	P_1 , кВт	P_2 , кВт	P_3 , кВт	ω , рад/с
1	а	10	110	35	2
2	б	20	120	40	3
3	в	30	130	45	4
4	г	40	140	50	5
5	д	50	150	55	6
6	е	60	160	60	7
7	а	70	170	65	8
8	б	80	180	70	9
9	в	90	190	75	10
10	г	100	200	80	2
11	д	10	110	85	3

12	е	20	120	90	4
13	а	30	130	95	5
14	б	40	140	100	6
15	в	50	150	105	7
16	г	60	160	110	8
17	д	70	170	115	9
18	е	80	180	120	10
19	а	90	190	125	2
20	б	100	200	130	3
21	в	10	110	135	4
22	г	20	120	140	5
23	д	30	130	145	6
24	е	40	140	150	7
25	а	50	150	155	8
26	б	60	160	160	9
27	в	70	170	165	10
28	г	80	180	170	9
29	д	90	190	175	8
30	е	100	200	180	7
31	а	10	110	35	6
32	б	20	120	40	5
33	в	30	130	45	4
34	г	40	140	50	3
35	д	50	150	55	2

Схемы для расчета



Сделать выводы.

Контрольные вопросы.

1. Что называется кручением?
2. Запишите правило знаков для крутящего момента.
3. Как изменяются длина и размеры поперечного сечения бруса при кручении.

Методические рекомендации к выполнению практической работы №7

Условие прочности при кручении.

Разрушение бруса при кручении происходит с поверхности, при расчете на прочность используют условие прочности:

$$\tau_k^{\max} = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_{\varepsilon}], \text{ где } [\tau_{\varepsilon}] - \text{допускаемое напряжение кручения.}$$

Виды расчетов на прочность:

Существует 3 вида расчетов на прочность:

1. *Проектировочный расчет* – определяется диаметр вала (бруса) в опасном сечении:

$$\tau_k = \frac{M_k}{0,2d^3} \leq [\tau_{\varepsilon}] \quad \text{откуда} \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau_k]}}$$

2. *Проверочный расчет* – проверяется выполнение расчета прочности

$$\tau_k^{\max} = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_{\varepsilon}]$$

3. *Определение нагрузочной способности* (максимального крутящего момента)

$$[M_k] = [\tau_k] \cdot W_p$$

Расчет на жесткость.

$$\varphi = \frac{\tau_k \cdot l}{GD/2} = \frac{M_k \cdot l}{GJ_p}$$

Закон Гука имеет вид: $\tau_k = G\gamma$, тогда

Произведение GJ_p называется *жесткостью сечения*.

Обычно рассчитывается угол закручивания, приходящийся на один метр длины бруса φ_0 .

Условие жесткости при кручении можно записать в виде:

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0], \text{ где } \varphi_0 - \text{относительный угол закручивания, } \varphi_0 = \frac{\varphi}{l}.$$

Пример.

Стальной вал (рис.1) вращается, передавая на шкивы моменты M_i .
Необходимо:

1) Определить значение уравновешенного момента M_0 , если $\sum M_i = 0$;

2) 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;

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

Найти: d ; D , d_0

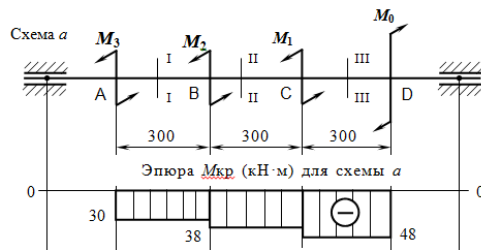


Рисунок 1- Расчетная схема

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:

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

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

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

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

3. Определяем диаметр вала из расчета на прочность:

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

Момент сопротивления кручению: мм^3 ;

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^6}{3,14}} =$$

Сплошное сечение: $1,72 \cdot 10^2 \text{ мм}; \quad d = 180 \text{ мм};$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi(1 - 0,9^4)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^6}{3,14(1 - 0,9^4)}} =$$

Кольцевое сечение: $2,46 \cdot 10^2 \text{ мм};$

$D = 250 \text{ мм};$ тогда $d_0 = 250 \cdot 0,9 = 220 \text{ мм}$

4. Проверяем жесткость вала:

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

Полярный момент инерции вала:

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

Угол закручивания

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

Условие жесткости выполняется.

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

Задание для самостоятельной работы:

1. Выполнить практическую работу
2. Письменно ответить на контрольные вопросы
3. Фотографию работы прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 25.01.2023г, группа ХКМ 2/1, «Техническая механика».