

Міністерство освіти і науки України
Мирогощанський аграрний фаховий коледж

ІНСТРУКЦІЙНА КАРТА

Для проведення лабораторно-практичних занять
З курсу Технічна механіка
Тема заняття Згин
Робоче місце Практична робота № 6
Назва роботи Розрахунок валів на сумісний згин з крученням
Тривалість заняття 80хв

Викладач _____ Корнелюк А.І.

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічних дисциплін

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 20__ р.

Голова комісії _____ Мельник О.М.

Практичне заняття 6

Розрахунок валів на сумісний згин з крученням

Мета. Виробити уміння і навички побудови епюр крутних та згинаючих моментів. Навчитись проводити розрахунки валів на міцність при сумісному згині з крученням.

Навчально-методичне забезпечення: інструкційна картка.

Матеріально-технічне обладнання: схеми завдань, олівець, лінійка.

Література: Ердеді О.О. та ін. Технічна механіка. - К.: Вища школа, 1983. - С. 201-203.

Зміст і послідовність виконання роботи

1. Зобразити розрахункову схему.
2. Обчислити обертовий момент.
3. Визначити силові навантаження на шків.
4. Побудувати епюри крутних моментів.
5. Побудувати епюри згинальних моментів у вертикальній і горизонтальній площинах.
6. Побудувати епюру сумарних згинаючих моментів.
7. Визначаємо небезпечний переріз вала і його діаметр.
8. Відповідь.
9. Висновок.
10. Відповісти на контрольні запитання.

Студентам необхідно знати:

- основні гіпотези міцності;
- умови міцності при деформації згину з кручення.

Необхідно вміти :

- будувати епюри $M_{кр}$ і $M_{зг}$;
- знаходити еквівалентні напруги $\sigma_{екв}$ за різними гіпотезами міцності;
- визначати діаметр вала з умов міцності при деформації згину з крученням.

Теоретичні відомості

У випадку сумісної дії $M_{кр}$ і $M_{зг}$; у небезпечній точці перерізу діють, як правило, нормальне σ і дотичне τ напруження. Розрахункове напруження обчислюють як еквівалентне $\sigma_{екв}$ (за однією із гіпотез міцності). Для пластичних матеріалів використовують третю або четверту гіпотезу.

Умова міцності при сумісній дії згину з крученням має вигляд.

$$\sigma_{екв} = \frac{M_{екв}}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$M_{еквIII} = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}$$

$$M_{еквIV} = \sqrt{M_{зг}^2 + 0,75M_{кр}^2}$$

Задача

Розрахувати з умов міцності необхідний діаметр вала, який передає потужність $P = \underline{\hspace{2cm}}$ на зубчасте колесо $D = \underline{\hspace{2cm}}$. Матеріал вала $\underline{\hspace{2cm}}$, $\omega = \underline{\hspace{2cm}}$.

Зображаємо схему згідно з варіантом. Вихідні дані та схему вибрати згідно із своїм варіантом (табл. 6.1).

Розв'язок задачі

1. Зображаємо розрахункову схему. Замінюємо зв'язки реакціями R_A і R_B . Розмістимо силу F в точку $\underline{\hspace{2cm}}$ на осі вала, додавши пару сил з моментом $M = \underline{\hspace{2cm}}$

2. Обчислюємо обертовий момент.

3. Визначаємо силові навантаження на шків $F = \underline{\hspace{2cm}}$

4. Будуємо епюру крутних моментів:

на ділянці $\underline{\hspace{2cm}}$: $M_{кр} = \underline{\hspace{2cm}}$

на ділянці $\underline{\hspace{2cm}}$: $M_{кр} = \underline{\hspace{2cm}}$

5. Будуємо епюру згинальних моментів у вертикальній і горизонтальній площинах.

а) визначаємо реакції опор R_A і R_B у вертикальній площині:

$$\Sigma M_B = 0 \quad \Sigma M_A = 0$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma F_Y = 0$$

б) визначаємо реакції опор у горизонтальній площині:

$$\Sigma M_B = 0 \quad \Sigma M_A = 0$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma F_X = 0$$

6. Будуємо епюру сумарних згинаючих моментів.

7. Визначаємо небезпечний переріз вала і його діаметр.

Розраховуємо вал за третьою гіпотезою

$$\sigma_{екв} = \frac{\sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$\text{Приймаємо } \sigma_{еквIII} \leq [\sigma]$$

$$W_x = \frac{\sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2}}{[\sigma]} =$$

Знаходимо діаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} =$$

8. Відповідь

9. Висновок

Приклад виконання

Вихідні дані: $P = 100$ кВт; $D = 160$ мм; $a = 2,0$ м ; матеріал - сталь 40;
 $\omega = 50$ 1/с; варіант "00".

1. Зображаємо розрахункову схему в масштабі (рис. 6.1, а).
2. Обчислюємо обертовий момент T :

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{100 \cdot 10^3}{50} 2 \cdot 10^3 \text{ Нм} = 2 \text{ кНм}$$

Розмірність: P — Вт, ω - 1/с.

3. Визначаємо силові навантаження на шків:

$$F = \frac{2T}{D} = \frac{2 \cdot 2}{0,16} = 25 \text{ кН}$$

Розмірність: D — м.

$$F_z = F \times \operatorname{tg} \alpha = 25 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 9,1 \text{ кН} \quad F_a = \frac{F_r}{\cos 8^\circ} = \frac{9,1}{\cos 8^\circ} = 9,19 \text{ кН}$$

4. Будуємо епюру крутних моментів (рис. 6.1, б):

Ділянка КС: $M_{\text{кр}} = 0$;

Ділянка СА: $M_{\text{кр}} = -T = -2$ кНм.

5. Будуємо епюри згинальних моментів у вертикальній і горизонтальній площинах.

а) вертикальна площина (рис. 6.1, в).

В перерізі С діють зосереджена сила $F_r = 9,1$ кН, зосереджений момент $M = F_a \times \frac{D}{2} = 9,19 \times 0,08 = 0,735$ кНм і осьова сила $F_a = 9,19$ кН. Визначаємо опорні реакції:

$$\sum_1^n F_a = 0 \Rightarrow H_A = F_a = 9,19 \text{ кН}$$

$$\sum_1^n M_B(F_i) = 0 \Rightarrow M - F_r \cdot 0,4 + R_B \cdot 1 = 0 \Rightarrow R_B = 2,905 \text{ кН}$$

$$\sum_1^n M_K(F_i) = 0 \Rightarrow -V_B \cdot 1 + M + F_r \cdot 0,6 = 0 \Rightarrow V_B = 6,195 \text{ кН}$$

Перевірка:

$$\sum_1^n F_{iy} = V_B - F_r + R_B = 6,195 - 9,1 + 2,905 = 0 \text{ кН}$$

Обчислюємо згинаючі моменти в характерних перерізах:

$$M_A^B = M_B^B = 0;$$

$$M_{C(л)}^B = V_B \cdot 0,4 = 6,195 \cdot 0,4 = 2,478 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{C(пр)}^B = M_{C(л)}^B - M = 2,478 - 0,735 = 1,743 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_{C(л)}^B \quad M_K^B = 0.$$

Будуємо епюру M_B (рис. 6.1, г).

б) горизонтальна площина (рис. 6.1, д).

В перерізі С діє зосереджена сила $F = 25$ кН. Визначаємо опорні реакції

$$\sum_1^n F_{iz} = 0 \Rightarrow M_B - F_a = 0$$

$$\sum_1^n M_B(F_i) = 0 \Rightarrow F \cdot 0,4 + R_r \cdot 1 = 0 \Rightarrow R_r = -10 \text{ кН}$$

$$\sum_1^n M_K(F_i) = 0 \Rightarrow -F_r \cdot 0,6 - V_r \cdot 1 = 0 \Rightarrow V_r = -15 \text{ кН}$$

Перевірка: $\sum_1^n F_{iz} = V_r - F + R_r = -15 + 25 - 10 = 0.$

Обчислюємо згинальні моменти в характерних перерізах:

$$M_A^B = M_B^B = 0 \quad M_{C(л)}^B = V_B \cdot 0,4 = -15 \cdot 0,4 = -6 \text{ кН м}; M_K = 0.$$

Будуємо епюру M_B (рис. 6.1, е)

6. Будуємо епюру M сумарних згинаючих моментів.

Сумарні згинаючі моменти в характерних перерізах обчислюємо за формулою: $M = \sqrt{M_r^2 + M_g^2}$

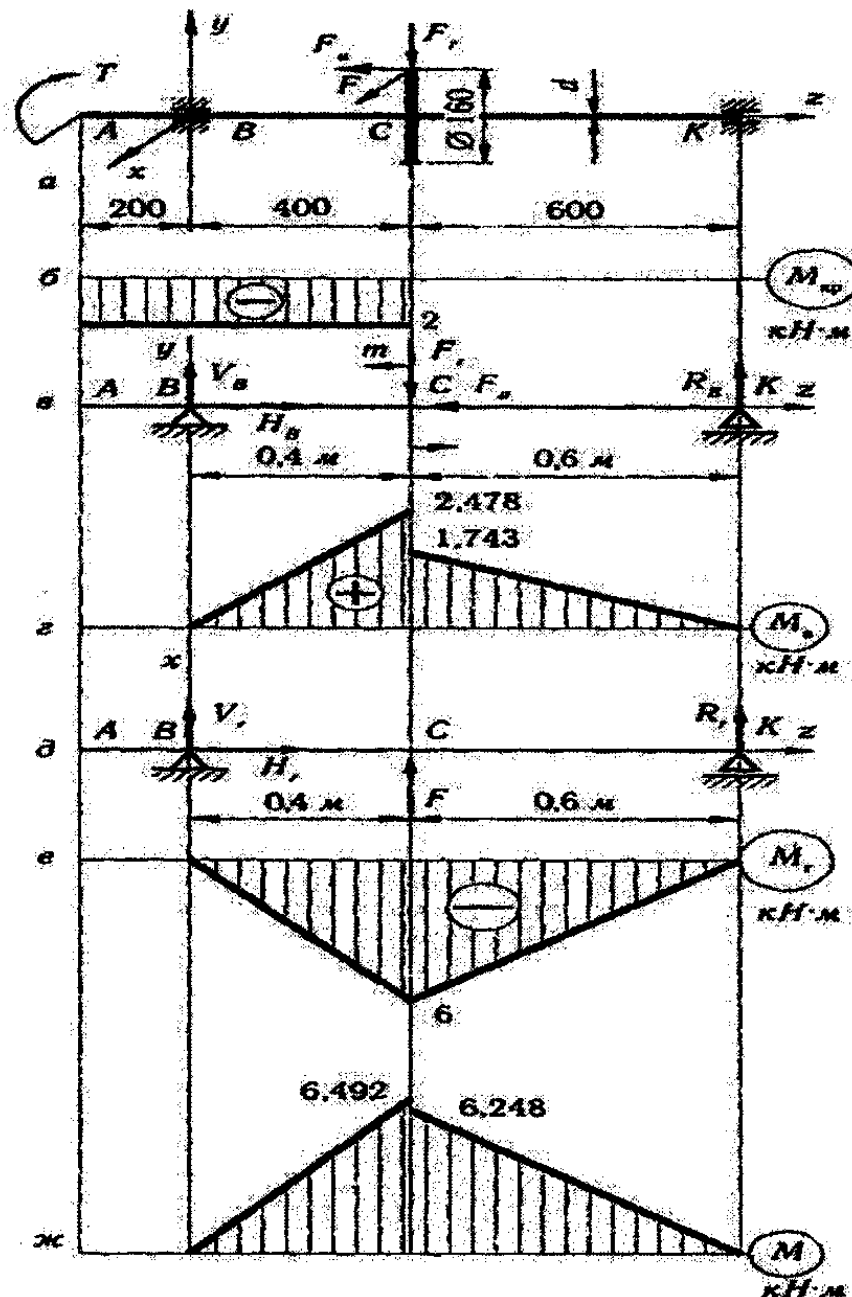


Рис 6.1

$$M_A^r = M_B^r = 0 \quad ; \quad M_{C(a)} = \sqrt{6^2 + 2,478^2} = 6,492 \text{ кНм}; \quad M_K = 0.$$

Будуємо епюру М (рис. 6.1, ж)

7. Визначаємо небезпечний переріз вала і його діаметр.

З епюр $M_{кр}$ і M видно, що небезпечним є переріз, що знаходиться зліва від перерізу С, в якому діють крутний момент $M_{кр} = 2 \text{ кНм}$ і згинаючий момент $M = 6,492 \text{ кНм}$.

Визначаємо діаметр вала, виходячи з третьої гіпотези міцності.

$$\sigma_{екв}^{III} = \frac{M_{np}^{II}}{W_x} \leq [\sigma]$$

За формулою

Обчислюємо M_{np}^{III} і $[\sigma]$ за формулою

$$M_{np}^{III} = \sqrt{M^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{6,4922 + 22} = 6,793 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad [\sigma] = \frac{\sigma_{\tau}}{[n]}$$

В додатку А знаходимо : для сталі 40 $\sigma_T = 340 \text{ МПа} =$

Тоді $[\sigma_T] = 340 / 2 = 170 \text{ МПа}$

$$\sigma_{екв}^{III} = \frac{M_{np}^{II}}{W_x} \leq [\sigma] \Rightarrow W_x \geq \frac{M_{np}^{III}}{[\sigma]} = \frac{6,793 \cdot 10^3}{17} = 39,96 \text{ см}^3$$

З формули

Розмірність: $M_{np}^{III} - \text{кН} \cdot \text{см} \quad [\sigma] - \text{кН} / \text{см}^3$

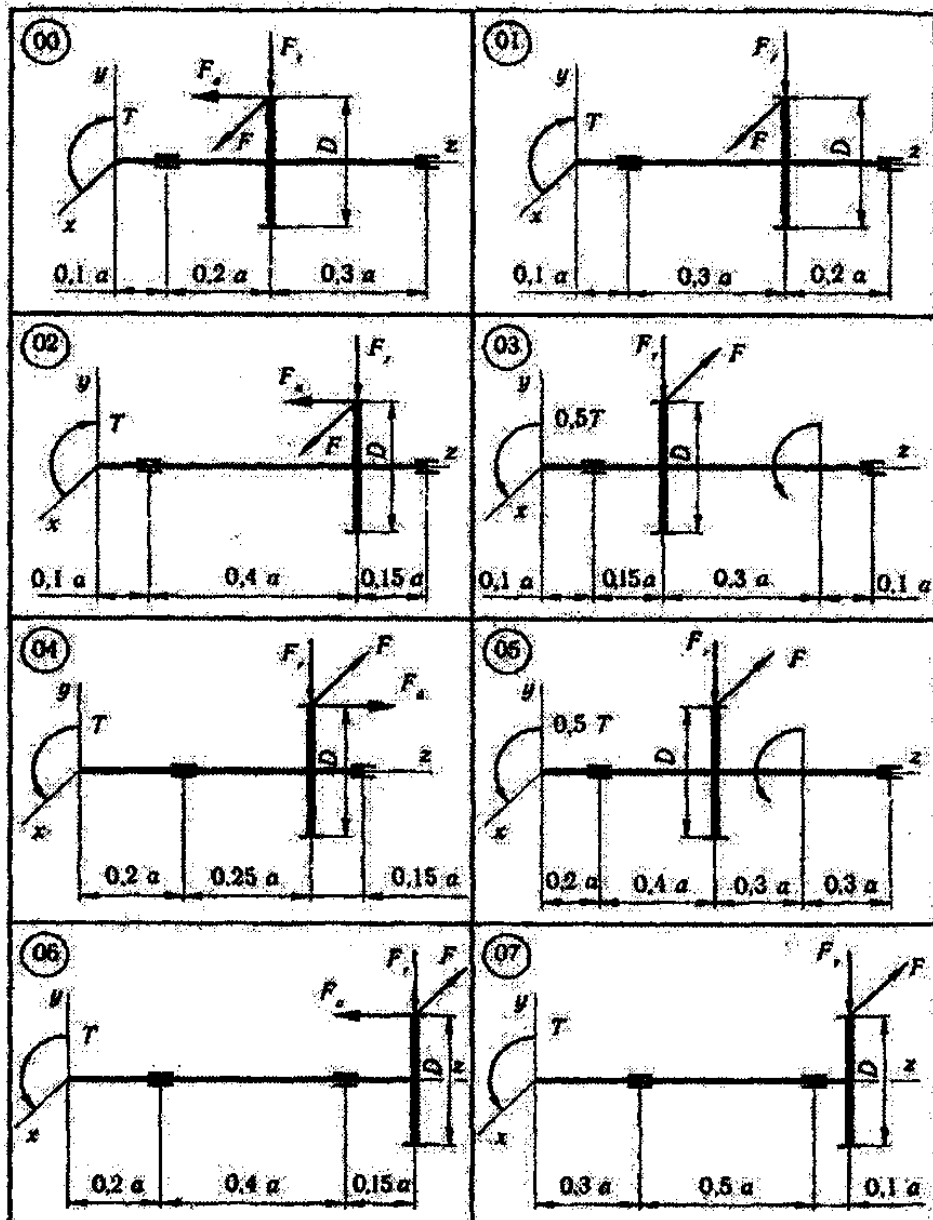
$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32 W_x}{\pi}} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 39,96}{\pi}} = \sqrt[3]{407,03} = 7,41 \text{ м}$$

8. Відповідно до ряду діаметрів приймаємо $d = 80 \text{ мм}$.

Варіанти завдань

Таблиця 6.1

Номер	$P, \text{кВт}$	$D, \text{мм}$	$a, \text{м}$	Матеріал	$\omega_{\text{со}}, \text{рад/с}$
1	2	3	4	5	6
0	100	160	2,0	сталь 40	50
1	90	140	1.8	сталь 45Х	60
2	80	120	1,6	сталь 45	48
3	70	100	1.4	сталь 40Х	24
4	60	120	1,2	сталь 40ХН	20
5	50	140	1.0	сталь 40	16
6	60	150	2.0	сталь 45Х	12
7	70	160	1.6	сталь 45	32
8	80	180	1,4	сталь 40Х	36
9	90	200	1,2	сталь 40ХН	40
10	110	160	2,0	сталь 40	55
11	95	140	1.8	сталь 45Х	65
12	85	120	1,6	сталь 45	45
13	75	100	1.4	сталь 40Х	25
14	65	120	1,2	сталь 40ХН	25
15	55	140	1.0	сталь 40	15
16	65	150	2.0	сталь 45Х	15
17	75	160	1.6	сталь 45	35
18	85	180	1,4	сталь 40Х	35
19	95	200	1,2	сталь 40ХН	45
20	40	150	1.4	сталь 40Х	46



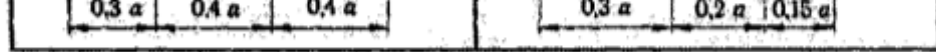


Рис. 6.2

Контрольні запитання

1. Як визначити еквівалентні напруги за третьою гіпотезою міцності?:
2. Які правила знаків для поперечних сил і згинаючих моментів?
3. Що називають епюрою і для чого їх будують?
4. Скільки і які методи застосовують для побудови епюр при деформації згину?
5. Записати умову міцності при деформації згину.