

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем

ТЕМИ ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

**З ДИСЦИПЛІНИ
“ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ
ПРИЛАДІВ”**

**для студентів напряму підготовки
6.051003 - Приладобудування**

ТЕРНОПІЛЬ, 2016

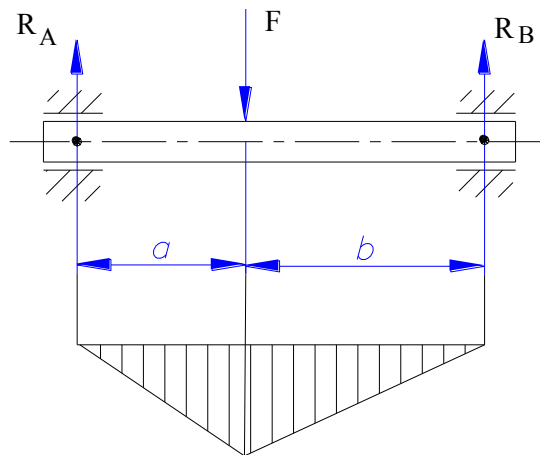
ЗАНЯТТЯ 1

Тема: Розрахунки на міцність елементів приладів, які працюють на згин.

Нижче приведений порядок розрахунку деяких типових задач на цю тему.

Задача 1.1

Визначити діаметр вісі d за наступними даними: $F = 3$ кН; $a = 50$ мм; $b = 70$ мм; $[\sigma]_{зг} = 50 \frac{H}{мм^2}$.



ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг, \max}}{W_o} \leq [\sigma]_{зг} \Rightarrow d;$$

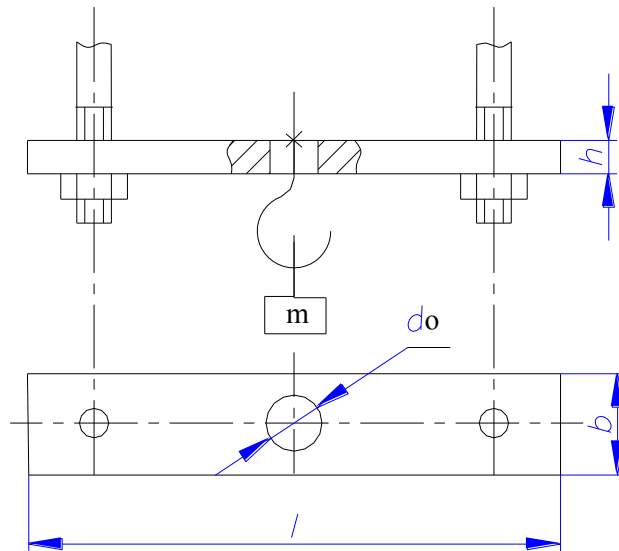
$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32};$$

$$M_{зг, \max} = R_A \cdot a$$

Задача 1.2

З умови міцності траверси підйомального механізму визначити допустиму масу вантажу, коли відомо, що на початку підйому він рухається з

прискоренням a . Вихідні дані: $b = 10$ мм; $h = 25$ мм; $d_o = 11$ мм; $l = 60$ мм; $a = 1,5$ м/с²; $[\sigma]_{зг} = 160$ МПа.



ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

$$1) \quad \sigma_{зг} = \frac{M_{зг, \max}}{W_o} \leq [\sigma]_{зг};$$

$$2) \quad M_{зг, \max} = \frac{F \cdot l}{4};$$

$$F = mg + ma$$

$$3) \quad W_o = \frac{I_x}{y_{\max}};$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{d_o \cdot h^3}{12} = \frac{(b - d_o) \cdot h^3}{12};$$

$$y_{\max} = \frac{h}{2};$$

$$W_o = \frac{(b - d_o) \cdot h^2}{6}$$

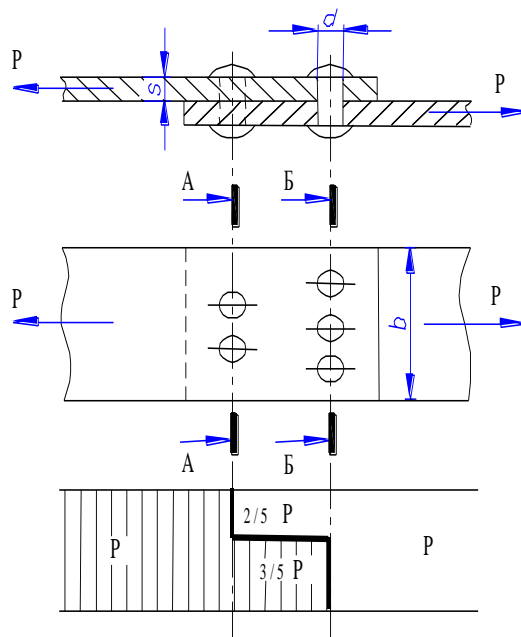
$$4) \quad \frac{m(g+a) \cdot l \cdot 6}{4(b-d_o)h^2} \leq [\sigma]_{зз} \Rightarrow m \leq \frac{[\sigma]_{зз} 4(b-d_o)h^2}{(g+a)6 \cdot b} = \dots = 220,2 \text{ кг}$$

ЗАНЯТТЯ 2

Тема: Розрахунки на міцність заклепкових з'єднань.

Задача 2.1

Визначити напруження розтягу в січеннях А-А та Б-Б верхньої полоси заклепкового з'єднання та перевірити заклепки на зріз, коли відомі: d , P , b , S .



ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) Умова міцності на зріз заклепок.

$$\tau_{зр} = \frac{P}{5 \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau]_{зр}$$

2) Напруження розтягу в січненні А-А.

$$\sigma_p = \frac{P}{(b-2d) \cdot S} \leq [\sigma]_p$$

3) Напруження розтягу в січenni Б-Б.

Якщо прийняти, що сила P розподіляється рівномірно між заклепками, то на січenni Б-Б припадає:

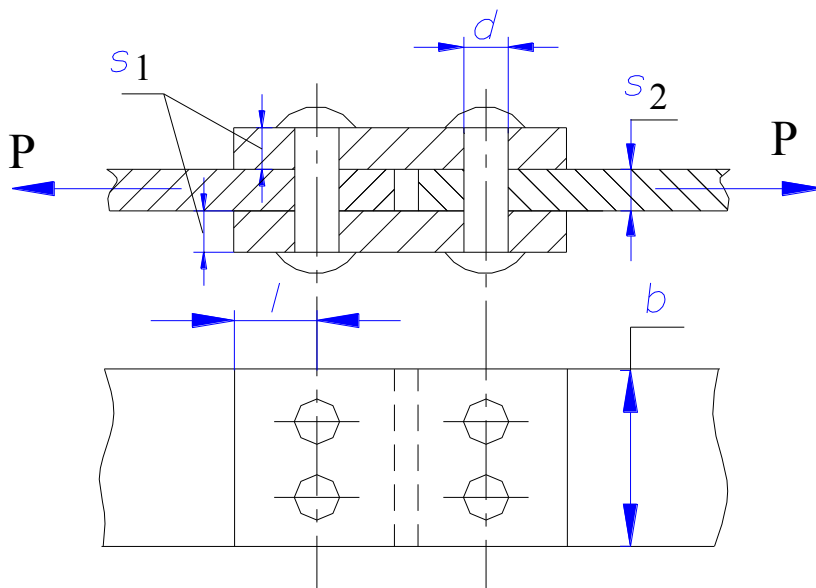
$$P_{B-B} = \left(P - \frac{2}{5}P \right) = \frac{3}{5}P$$

Тоді

$$\sigma_p = \frac{\frac{3}{5}P}{(b-3d)S} \leq [\sigma]_p$$

Задача 2.2

Визначити де і при якому P_{\max} відбудеться руйнування з'єднання, коли відомі: d , l , b , $[\sigma]_p$, $[\tau]_{зр}$, $[\sigma]_{зм}$, s_1 , s_2 .



ОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) Зріз заклепок відбувається при P' .

$$\tau_{зр} = \frac{P' \cdot 4}{2 \cdot 2 \cdot \pi d^2} \leq [\tau]_{зр} \Rightarrow P'$$

2) Умова міцності на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{P''}{2d \cdot S_2} \leq [\sigma]_{зм} \Rightarrow P''$$

3) Умова міцності при розтягуванні деталі товщиною s_2

$$\sigma_p = \frac{P'''}{(b - 2d)S_2} \leq [\sigma]_p \Rightarrow P'''$$

ЗАНЯТТЯ 3

Тема: Розрахунки на міцність зварних з'єднань.

Задача 3.1

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

$$F_{\max} = A \cdot [\sigma]_p,$$

$$[\tau]_{зр} = \frac{F_{\max}}{0,7k(l_1 + l_2)} \Rightarrow (l_1 + l_2),$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{b}{z_o} \Rightarrow l_1, l_2.$$

]

Задача 3.2

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

- 1) З умови міцності матеріалу труби на розтягування:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot P'}{\pi(D^2 - d^2)} \leq [\sigma]_p \Rightarrow P'_{\max}$$

- 2) З умови міцності на зріз матеріалу зварного шва:

$$\tau_{зр} = \frac{P''}{\pi \cdot D \cdot 0,7 \cdot k} \leq [\tau]_{зр} \Rightarrow P''_{\max}$$

ЗАНЯТТЯ 4

Тема: Розрахунки на міцність штифтових та шпонкових з'єднань.

Задача 4.1

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

- 1) Знаходимо розрахунковий момент на валу.

$$[\tau]_{кр} = \frac{T_{кр.p}}{W_p} \Rightarrow T_{кр.p};$$

- 2) Вибираємо стандартну шпонку.

в х h ГОСТ

- 3) Виконаємо перевірку на зминання.

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_{кр.p}}{d \cdot l \cdot t_1} \leq [\sigma]_{зм};$$

- 4) Виконуємо перевірку на зріз.

$$\tau_{зр} = \frac{2T_{кр.p}}{d \cdot l \cdot b} \leq [\tau]_{зр}.$$

ЗАНЯТТЯ 5

Тема: Розрахунки шліцевих та профільних з'єднань.

Задача 5.1

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) По довіднику вибираємо стандартні шліци.

Приклад позначення: $d - 8x46 \frac{H7}{f7} x50x9 \frac{D9}{e8}$ ГОСТ 1139-80

2) Перевірка на зминання.

$$\sigma_{зм} = \frac{T}{R_{cp} \cdot h \cdot B \cdot z \cdot \varphi},$$

де $R_{cp} = \frac{D+d}{4};$

$$h = \frac{D-d}{2} - 2f;$$

f – фаска;

φ - 0,75...0,85 – коефіцієнт нерівномірності розподілу напружень між шліцами.

ЗАНЯТТЯ 6

Тема: Розрахунки болтових з'єднань.

Задача 6.1

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) $T_{зак} = P \cdot l;$

2) Визначаємо осьове зусилля розтягування в стержні болта.

$$T_{зак} = F_a \left(\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi) + f \cdot R_{зв} \right) \Rightarrow F_a$$

3) Визначаємо $\sigma_{екв}$.

$$\sigma_p = \frac{4F_a}{\pi \cdot d_1^2};$$

$$\tau_{кр} = \frac{T_p}{W_p} = \frac{F_a \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi)}{0,2d_1^3};$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_p^2 + 4\tau_{кр}^2}$$

Задача 6.2

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) З умови міцності стержня болта на розрив:

$$\sigma_p = \frac{4F_a \cdot \beta}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p \Rightarrow F_a$$

2) З рівняння рівноваги важеля в статиці:

$$P \cdot L \cdot 1,2 = 2F_a \cdot f \cdot d_g \Rightarrow P$$

Задача 6.3

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) З умови міцності на стиск знаходимо внутрішній діаметр гвинта.

$$\sigma_{см} \frac{P \cdot 1,3 \cdot 4}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_{см} \Rightarrow d_{1\min}$$

Вибираємо ближчу стандартну різьбу.

Перевіряємо різьбу на самогальмування.

$$\varphi > \psi;$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}};$$

$$\psi = \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

2) Перевіряємо гвинт на стійкість (позовжній згин).

$$\sigma = \frac{4P}{\pi \cdot d_1^2} \leq \varphi \cdot [\sigma]_{cm};$$

φ вибирається в залежності від λ .

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i}; \quad \mu = 1 \text{ (шарнір)}; \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\pi \cdot d_1^4 \cdot 4}{64 \cdot \pi \cdot d_1^2}} = \frac{d_1}{4}$$

3) З умови зносостійкості визначаємо число витків.

$$\sigma_{zm} = \frac{4P}{\pi(d^2 - d_1^2) \cdot z} \leq [\sigma]_{zm} \Rightarrow z$$

4) Знаходимо висоту гайки.

$$H = p \cdot z$$

5) З умови міцності на розтягування знаходимо D .

$$\sigma_p = \frac{4P}{\pi(D^2 - d^2)} \leq [\sigma]_p \Rightarrow D$$

6) З умови міцності на зминання буртика знаходимо D_1 .

$$\sigma_{zm} = \frac{4P}{\pi(D_1^2 - D^2)} \leq [\sigma]_{zm} \Rightarrow D_1$$

7) З умови міцності на зріз буртика знаходимо h .

$$\tau_{zp} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} \leq [\tau]_{zp} \Rightarrow p$$

8) Знаходимо обертовий момент на гвинту.

$$T_{zak} = P \left(\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi) + f \cdot R_{zg} \right)$$

9) Визначаємо довжину важеля. Приймаємо зусилля робітника $F=200N$.

$$F \cdot l = T_{зак} \Rightarrow l$$

10) З умови міцності на згинання знаходимо діаметр важеля d_B .

$$\sigma_{зг} = \frac{T_{зак}}{0,1d_B^3} \leq [\sigma]_{зг} \Rightarrow d_B$$

11) Знаходимо ККД гвинта.

$$\eta_{зг} = \frac{tg \psi}{tg(\psi + \varphi)}$$

12) Знаходимо ККД домкрата.

$$\eta_d = \frac{tg \psi}{tg(\psi + \varphi) + f \cdot R_{зг}}$$

ЗАНЯТТЯ 7

Тема: Розрахунки на довговічність стандартних кульєових підшипників.

Задача 7.1

Підібрати і перевірити на довговічність підшипники кочення для валу, що обертається. Вихідні дані: діаметр валу під підшипниками d_B ; радіальні навантаження на опори валу R_A та R_B ; осьова сила F_a , що діє тільки на опорі В; строк служби вузла L_h .

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

По схемі навантаження видно, що більш навантаженою є опора В. Для цієї опори знаходимо відношення $\frac{F_a}{R_B}$ і по ньому визначаємо, який тип підшипників потрібно застосувати – радіальні (якщо $\frac{F_a}{R_B} < 0,36$), чи радіально-упорні.

Знаючи d_B , орієнтовно вибираємо конкретний типорозмір підшипника по довіднику. Для цього підшипника знаходимо відношення $\frac{F_a}{C_o}$. Тоді по

довіднику знаходимо параметр “e” та коефіцієнти X і Y. Еквівалентне навантаження для опори В знаходимо по формулі:

$$F_{екв} = (X \cdot V \cdot R_B + Y \cdot F_a) \cdot K_\sigma \cdot K_T$$

Розрахункова довговічність підшипника

$$L_{h \max} = \frac{10^6}{60 \cdot h} \left(\frac{C}{F_{екв}} \right) \geq L_h$$

Задача 7.2

Підібрати і перевірити на довговічність підшипники кочення для валу, що обертається. Вихідні дані: даметр валу під підшипниками $d_b = 25\text{мм}$; радіальні навантаження на опори вала $R_A = 700\text{Н}$ та $R_B = 1200\text{Н}$; осьове навантаження на опору А $F_a = 250\text{Н}$; строк служби вузла $L_h = 20000\text{год}$; швидкість обертання вала $n = 500\text{об/год}$.

ПОРЯДОК РОЗВ’ЯЗКУ

1) Поскільки відношення $\frac{F_a}{R_B} = \frac{250}{700} = 0,35 \leq 0,36$, то попередньо приймаємо радіальний кульковий підшипник, наприклад №205.

2) Поскільки відразу важко сказати, яка опора більше навантажена, то знаходимо еквівалентні навантаження для обох опор.

Еквівалентне навантаження на опору В:

$$F_{екв(B)} = R_{(B)} \cdot X \cdot V \cdot K_\sigma \cdot K_T = \dots = 1200 \text{ Н}$$

Еквівалентне навантаження на опору А:

По відношенню $\frac{F_a}{C_o} = \dots = 0,0359$ знаходимо параметр $e = 0,23$. Поскільки

$\frac{F_a}{R_A} = \dots = 0,35 > e$, то коефіцієнти $X = 0,56$ і $Y = 1,9$. Тоді

$$F_{екв(A)} = (X \cdot V \cdot R_A + Y \cdot F_a) \cdot K_\sigma \cdot K_T = \dots = 1,175 \text{ кН}$$

3) Як видно, опора В більш навантажена. Визначаємо для її підшипника максимальну розрахункову довговічність :

$$L_{h \max} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{F_{екв(B)}} \right)^\alpha = \dots = 24 \cdot 10^3 \text{ год} > 20 \cdot 10^3 \text{ год}$$

ЗАНЯТТЯ 8

Тема: Розрахунки основних параметрів фрикційних, кулачкових, пружних та інших конструкцій муфт.

Задача 8.1

Фрикційна дискова муфта передає обертовий момент T . Коефіцієнт тертя між фрикційними дисками - f , середній радіус тертя - R_{cp} , коефіцієнт запасу зчеплення - $k = 0,15$.

Яка величина осевого зусилля притискання фрикційних дисків потрібна і як зміниться це зусилля, якщо замінити дану муфту конічною з кутом конуса $\alpha/2 = 30^\circ$?

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

$$T \cdot k \leq F_{диск} \cdot R_{cp} \cdot f;$$

$$F_{диск} \geq \frac{T \cdot k}{R_{cp} \cdot f};$$

$$F_{кон} \geq \frac{T \cdot k}{R_{cp} \cdot \frac{f}{\sin 30^\circ}} = F_{диск} \cdot \sin 30^\circ.$$

Задача 8.2

Визначити число поверхонь тертя в багатодисковій фрикційній запобіжній муфті, якщо вона повинна виключатись (пробуксовувати) при обертовому моменті T_{\max} . Внутрішній діаметр поверхонь тертя - d , зовнішній - D , питомий тиск між дисками - p , коефіцієнт тертя між фрикційними дисками - f .

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1) Зусилля, з яким притискаються диски.

$$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \rho$$

2) Обертвий момент

$$T_{\max} = F \cdot R_{cp} \cdot f \cdot i;$$

$$i = \frac{T_{\max}}{F \cdot R_{cp} \cdot f}$$

ЗАНЯТТЯ 9

Тема: Розрахунки параметрів зубчастих передач.

Задача 9.1

Визначити сили, які діють в зачепленні конічної зубчастої передачі при таких даних: потужність на валу шестірні – N_1 , кутова швидкість шестірні - ω_1 , модуль - m_m , кількість зубів – z_1 і z_2 .

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

1)
$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1}$$

2)
$$d_{m1} = m_m \cdot z_1$$

3)
$$u = \frac{z_2}{z_1}; \quad \delta_2 = \arctg u; \quad \delta_1 = 90 - \delta_2$$

$$4) \quad F_t = \frac{2T_1}{d_{m1}};$$

$$F_{r2} = F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_2;$$

$$F_{a2} = F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1$$

Задача 9.2

Визначити кути початкових конусів і зовнішню конусну віддаль конічної зубчастої передачі коли відоме передаточне відношення i , зовнішній коловий модуль m_e , кількість зубів z_1 і кут між осями 90° .

ПОРЯДОК РОЗВ'ЯЗКУ

$$z_2 = i \cdot z_1;$$

$$R_e = 0,5m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2};$$

$$\operatorname{tg} \delta_2 = i = \frac{z_2}{z_1};$$

$$\delta_2 = \operatorname{arctg} u; \quad \delta_1 = 90^\circ - \delta_2$$