

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 РОЗРАХУНОК КОНІЧНИХ ФРИКЦІЙНИХ ПЕРЕДАЧ

### 1.1. Методичні вказівки до вирішення задач

Конічні фрикційні передачі використовують для передавання обертового руху між валами, осі яких перетинаються. Кут між осями валів може бути довільним, але найбільш широкое застосування мають конічні фрикційні передачі з міжосьовим кутом  $\Sigma = 90^\circ$ . Принципова схема такої передачі показана на рис. 7.1.

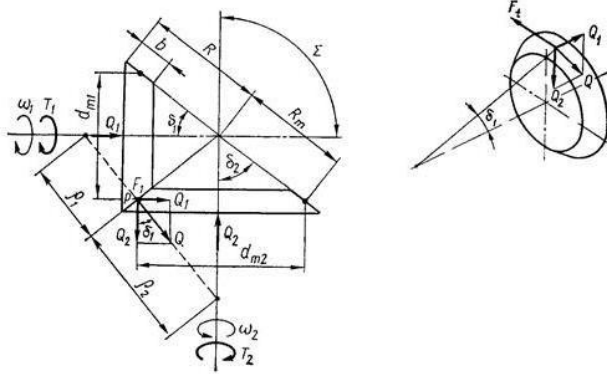


Рисунок 7.1. Параметри та навантаження котків конічної передачі

#### Геометрія та кінематика передачі.

Котки конічної фрикційної передачі – це зрізані конуси, що взаємно дотикаються по спільній твірній, а вершини конусів знаходяться у точці перетину осей валів. Остання умова потрібна, щоб запобігти геометричному ковзанню в контакті котків.

Основними розмірами конічної фрикційної передачі є середні діаметри ведучого та веденого котків  $d_{m1}$  і  $d_{m2}$ , зовнішня  $R$  та середня  $R_m$  конусні відстані, робоча ширина котків  $b$ , кути при вершинах конусів  $\delta_1$  та  $\delta_2$ . Для конічної фрикційної передачі з міжосьовим кутом  $\Sigma = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$  (рис 7.1) справедливі такі співвідношення між параметрами:

$$R = \sqrt{\left(\frac{d_{m1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_{m2}}{2}\right)^2} = 0,5\sqrt{d_{m1}^2 + d_{m2}^2}, \quad (7.1)$$

$$R = R_m + 0,5 \cdot b, \quad (7.2)$$

$$b = \Psi_R \cdot R_m. \quad (7.3)$$

Тут  $\Psi_R = 0,20 \dots 0,30$  – коефіцієнт ширини котків.

Передаточне число конічної фрикційної передачі:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} \text{ або } u = \frac{d_{m2}}{d_{m1}}. \quad (7.4)$$

Інші співвідношення між параметрами передачі, які використовують у розрахунках (на основі виразів 7.1–7.4), такі:

$$R_m = 0,5 \cdot d_{m1} \sqrt{1 + u^2}; \quad R = R_m(1 + 0,5 \cdot \Psi_R);$$

$$d_{m1} = \frac{2 \cdot R_m}{u}, d_{m2} = \frac{2 \cdot R_m \cdot u}{d_{m1}},$$

$$\tan \delta_1 = \frac{d_{m1} \sqrt{1+u^2}}{d_{m2}} = u; \tan \delta_2 = \frac{\sqrt{1+d_{m1}^2}}{d_{m1}} = u.$$

### Зусилля у конічній фрикційній передачі.

За аналогією з циліндричною фрикційною передачею умову роботи конічної передачі без буксування котків записують у вигляді  $F_s > F_t$  (6.7). Силу тертя у контактні конічних котків та колову силу визначають за формулами:

$$F_s = Q \cdot f; F_t = \frac{2T_1}{d_{m1}}, \quad (7.5)$$

де  $Q$  – нормальна до лінії контакту сила притискання котків (рис. 7.1);  $T_1$  – обертовий момент на ведучому валу передачі. Сила  $F_t$  на рис. 7.1 проєкціюється в точку  $P$ .

Умову відсутності буксування котків навантаженої передачі можна записати у вигляді:

$$Q \cdot f = \frac{2T_1 \cdot K}{d_{m1}},$$

звідки сила:

$$Q = \frac{2T_1 \cdot K}{d_{m1} \cdot f}, \quad (7.6)$$

$K$  – коефіцієнт запасу зчеплення котків беруть таким самим, як і в циліндричних фрикційних передачах:  $K = 1,3 \dots 1,5$  – для силових фрикційних передач,  $K = 2,5 \dots 3,0$  – для кінематичних фрикційних передач.

Розклавши силу  $Q$  за напрямками осей валів передачі, дістанемо сили  $Q_1$  та  $Q_2$ , що діють на котки передачі паралельно осям їхнього обертання:

$$Q_1 = Q \cdot \sin \delta_1; Q_2 = Q \cdot \sin \delta_2. \quad (7.7)$$

Для забезпечення однієї і тієї ж нормальної до лінії контакту сили  $Q$  уздовж осі меншого котка треба прикладати меншу силу (бо  $\delta_1 < \delta_2$  і  $Q_1 < Q_2$ ), тобто натискний пристрій доцільно розміщувати з боку меншого котка.

На обидва вали конічної фрикційної передачі передаються колова сила  $F_t$  та сила  $Q$ , взаємно перпендикулярними складовими якої є  $Q_1$  та  $Q_2$ . На рис. 7.1 показані сили, що навантажують ведучий вал конічної фрикційної передачі.

### Розрахунок конічних котків на міцність.

За аналогією з циліндричною фрикційною передачею умови міцності та стійкості проти прискореного спрацьовування конічних котків записують у вигляді  $\sigma_H \leq [\sigma_H]$  (6.11) та  $q \leq [q]$  (6.12) відповідно для металевих та неметалевих котків.

Розрахунковий тиск по довжині контакту конічних котків:

$$q = \frac{Q K_\beta}{b}, \quad (7.8)$$

де  $K_\beta = 1,3 \dots 1,5$  – коефіцієнт, враховує нерівномірність розподілу навантаження у контактні котків.

Радіуси кривини робочої поверхні конічних котків на довжині їх спільної твірної неоднакові. За розрахункові беруть радіуси кривини робочих поверхонь у точках середини лінії контакту котків (див. рис. 7.1):

$$\rho_1 = R_m \cdot \tan \delta_1 = \frac{R_m}{u} = \frac{0,5 \cdot d_{m1} \sqrt{1+u^2}}{u};$$

$$\rho_2 = R_m \cdot \tan \delta_2 = R_m \cdot u = 0,5 \cdot u \cdot d_{m1} \sqrt{1+u^2}. \quad (7.9)$$

Зведена кривина робочих поверхонь конічних котків:

$$\frac{1}{\rho_{\text{пр}}} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} = \frac{2}{d_{m1}} \cdot \frac{\sqrt{1+u^2}}{u} \quad (7.10)$$

Підставляючи у формулу Герца  $\sigma_H = Z_M \sqrt{\frac{q}{2 \cdot \rho_{\text{пр}}}}$  (6.13) вирази (7.8) та  $\sigma_H$

(7.10), дістанемо остаточну умову міцності для перевірного розрахунку конічних котків із металевих матеріалів:

$$\sigma_H = Z_M \sqrt{\left[ \frac{Q \cdot K_\beta}{b \cdot d_{m1}} \right] \cdot \left( \frac{\sqrt{1+u^2}}{u} \right)^2} \leq [\sigma_H]; \quad (7.11)$$

Для неметалевих конічних котків будемо відповідно мати:

$$q = \frac{Q \cdot K_\beta}{b} \leq [q]. \quad (7.12)$$

У записаних умовах сила  $Q$  визначається згідно з виразом (7.6), а коефіцієнт  $Z_M$  беруть таким самим, як і для циліндричної передачі:

–  $Z_M = 275 \text{ МПа}^{\frac{1}{2}}$  – для сталевих котків;

–  $Z_M = 210 \text{ МПа}^{\frac{1}{2}}$  – для чавунних котків;

–  $Z_M = 235 \text{ МПа}^{\frac{1}{2}}$  – для пари чавун–сталь.

Формули для проектного розрахунку конічної фрикційної передачі можна дістати із умов (7.11) та (7.12), якщо в ці умови підставити  $Q$  за виразом (7.6), подати робочу ширину котків  $b$  через  $d_{m1}$ , відтак визначити потрібний мінімальний діаметр ведучого котка. Таким чином дістанемо:

– для конічної фрикційної передачі з металевими котками:

$$d_{m1} \geq 2 \cdot K_M \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_\beta}{u \cdot \Psi_{Rf} \cdot [\sigma_H]^2}}; \quad (7.13)$$

– для конічної фрикційної передачі з неметалевими котками:

$$d_{m1} \geq 2 \cdot K_H \cdot \sqrt{\frac{T_1 \cdot K_\beta \cdot \sqrt{1+u^2}}{\Psi_{Rf} \cdot [q] \cdot (1+u^2)}}. \quad (7.14)$$

Тут обертовий момент  $T_1$  підставляють у ньютон-метрах (Н·м), а діаметр  $d_{m1}$  – у міліметрах, допоміжні коефіцієнти  $K_M$  та  $K_H$  беруть такими самими, як і в циліндричній фрикційній передачі:

–  $K_M = 370 \text{ МПа}^{\frac{1}{3}}$  – для сталевих котків (при  $K = 1,3$ );

–  $K_M = 300 \text{ МПа}^{\frac{1}{3}}$  – для чавунних котків (при  $K = 1,3$ );

–  $K_M = 330 \text{ МПа}^{\frac{1}{3}}$  – для пари чавун–сталь (при  $K = 1,3$ );

–  $K_H = 36$  – для силових фрикційних передач ( $K = 1,3$ );

–  $K_H = 50$  – для кінематичних передач ( $K = 2,5$ ).

Діаметри ведучого котка за формулами (7.13) та (7.14) дозволяють визначити всі інші розміри конічних котків, а також потрібну силу їхнього притискання.

## 1.2. Завдання для самостійної роботи

### Задача № 1

Розрахувати конічну фрикційну передачу (рис. 7.2). Потужність на ведучому валу –  $N_1$ . Кутова швидкість ведучого валу –  $\omega_1$ , веденого вала –  $\omega_2$ . Режим роботи і необхідні конструктивні параметри задати самостійно. Виконати робочий кресленик ведучого котка.

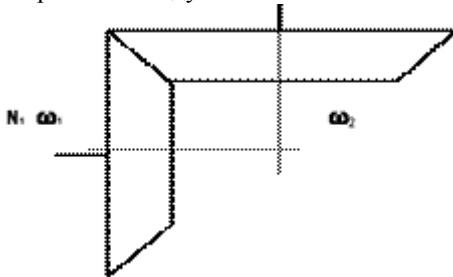


Рисунок 7.2. Конічна фрикційна передача

Таблиця 7.1.

### Вихідні дані для задачі № 1

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_1$ , кВт	8	9	10	11	12	12	11	10	9	8
$\omega_1$ , рад/с	142	95	97	93	97	144	95	142	144	93
$\omega_2$ , рад/с	25	32	25	32	28	35	30	25	32	25