

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2
Визначення геометричних параметрів і сил, які діють в конічній зубчастій передачі з використанням ЕОМ

2.1 МЕТА І ЗАДАЧІ

Метою даної роботи є визначення геометричних параметрів і сил в зачепленні конічної зубчастої передачі з використанням ЕОМ і порівняння отриманих значень з розрахунками виконаними аналітично; дослідити як змінюється зовнішній дільний діаметр колеса при зміні одного із вхідних даних.

2.2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Допустимі контактні напруження для шестірні і колеса визначаються за формулою

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{H \lim} \cdot Z_N}{S_{H \min}} \cdot Z_L \cdot Z_R \cdot Z_v \cdot Z_x, \text{ МПа}, \quad (2.1)$$

де $\sigma_{H \lim}$ - границя контактної витривалості поверхонь зубців, яка відповідає базовому числу циклів напружень; (визначається по формулам згідно табл. Б1, додаток Б);

Z_N - коефіцієнт довговічності:

- при $N_{NE} \leq N_{H \lim}$,

для однорідної структури матеріалу

$$Z_N = \sqrt[6]{\frac{N_{H \lim}}{N_{HE}}} \leq 2,6; \quad (2.2)$$

для поверхневого зміцнення матеріалу

$$Z_N = \sqrt[6]{\frac{N_{H \lim}}{N_{HE}}} \leq 1,8; \quad (2.3)$$

- при $N_{NE} > N_{H \lim}$

$$Z_N = \sqrt[20]{\frac{N_{H \lim}}{N_{HE}}} \geq 0,75 \quad (2.4)$$

де $N_{H \lim}$ - базове число циклів напружень, яке відповідає границі витривалості

$$N_{H \lim} = 30 \cdot HB^{2,4} \leq 120 \cdot 10^6, \quad (2.5)$$

N_{NE} – еквівалентне число циклів напружень

$$N_{HE} = \mu_H \cdot N_{\Sigma} \quad (2.6)$$

де μ_H – коефіцієнт, що враховує характер навантаження (табл.Б3, додаток Б);

N_{Σ} – сумарне число циклів навантаження

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n \cdot i \cdot h, \quad (2.7)$$

де n - частота обертання шестірні або колеса, хв^{-1} ;

i – число зубчастих коліс, спряжених з даним колесом;

h – термін роботи передачі, год.

$S_{H \min}$ - мінімальний коефіцієнт запасу міцності. Для зубчастих коліс з однорідною структурою матеріалу $S_{H \min} = 1,1$; для зубчастих коліс з поверхневим зміцненням зубців $S_{H \min} = 1,2$;

Z_L - коефіцієнт, що враховує вплив в'язкості мастильного матеріалу;

Z_R - коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості спряжених поверхонь зубців;

Z_v - коефіцієнт, що враховує вплив колової швидкості;

Z_x - коефіцієнт, що враховує розмір зубчастого колеса.

При проектному розрахунку приймають

$$Z_L \cdot Z_R \cdot Z_v \cdot Z_x = 0,9.$$

В якості допустимого контактного напруження σ_{HP} для передач з прямими зубцями приймають допустиме контактне напруження того зубчастого колеса (шестірні або колеса), для якого воно менше.

Мінімальний зовнішній ділильний діаметр колеса, мм

$$d_{e2} = K_d \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta} \cdot u}{K_{be} \cdot (1 - K_{be}) \cdot \sigma_{HP}^2}} \quad (2.8)$$

де K_d – коефіцієнт, для сталевих коліс $K_d = 1000 \text{ МПа}^{1/3}$;

T_2 – крутний момент на веденому валі, Н·м;

u – передаточне число передачі;

K_{be} – коефіцієнт ширини зубчастого вінця, приймають $K_{be} = 0,25 \dots 0,3$;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження, вибирається згідно табл. Б7 додаток Б в залежності від коефіцієнта K_{bd}

$$K_{bd} = \frac{K_{be} \cdot u}{2 - K_{be}} \quad (2.9)$$

σ_{HP} – допустимі контактні напруження, МПа.

Число зубців шестірні приймаємо z_1 , згідно з завданням (табл. А2, додаток А).

Число зубців колеса

$$z_2 = z_1 \cdot u \quad (2.10)$$

Число зубців колеса округляється до найближчого цілого значення і визначається фактичне значення передаточного відношення u_{ϕ} . Відхилення отриманого значення від заданого повинно не перевищувати 4%.

Зовнішній коловий модуль зубців, мм

$$m'_e = \frac{d_{e2 \min}}{z_2} \quad (2.11)$$

Зі стандартного ряду модулів (ГОСТ 9563-80) вибирається найближче більше значення, таблиця Б6, додаток Б.

Зовнішні ділильні діаметри шестірні та колеса, мм

$$d_{e1} = m_e \cdot z_1 \quad (2.12)$$

$$d_{e2} = m_e \cdot z_2 \quad (2.13)$$

Зовнішня конусна відстань, мм

$$Re = 0,5 \cdot m_e \cdot \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad (2.14)$$

Ширина зубчастих вінців, мм

$$b = b_1 = b_2 = K_{be} \cdot Re \quad (2.15)$$

Середня конусна відстань, мм

$$R = R_e - 0,5 \cdot b \quad (2.16)$$

Середній коловий модуль зубців, мм

$$m = \frac{m_e \cdot R}{R_e} \quad (2.17)$$

Середні ділильні діаметри шестірні і колеса, мм

$$d_1 = m \cdot z_1 \quad (2.18)$$

$$d_2 = m \cdot z_2 \quad (2.19)$$

Кути при вершинах ділільних конусів шестірні і колеса, град.

$$\delta_1 = \arctg \frac{z_1}{z_2} \quad (2.20)$$

$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1 \quad (2.21)$$

Зовнішні діаметри вершин зубців, мм

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2 \cdot m_e \cdot \cos \delta_1 \quad (2.22)$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2 \cdot m_e \cdot \cos \delta_2 \quad (2.23)$$

Зовнішні діаметри западин, мм

$$d_{fe1} = d_{e1} - 2,4 \cdot m_e \cdot \cos \delta_1 \quad (2.24)$$

$$d_{fe2} = d_{e2} - 2,4 \cdot m_e \cdot \cos \delta_2 \quad (2.25)$$

Параметри зубця:

- зовнішня висота головки зубця, мм

$$h_{ae} = m_e \quad (2.26)$$

- зовнішня висота ніжки зубця, мм

$$h_{fe} = 1,2 \cdot m_e \quad (2.27)$$

- зовнішня висота зубця, мм

$$h_e = 2,2 \cdot m_e \quad (2.28)$$

Кути головки та ніжки зубців, град

$$\theta_\alpha = \arctg \frac{h_{ae}}{R_e} \quad (2.29)$$

$$\theta_f = \arctg \frac{h_{fe}}{R_e} \quad (2.30)$$

Кути конуса вершин зубців шестірні і колеса, град

$$\delta_{\alpha 1} = \delta_1 + \theta_\alpha \quad (2.31)$$

$$\delta_{\alpha 2} = \delta_2 + \theta_\alpha \quad (2.32)$$

Кути конуса западин зубців шестірні і колеса, град

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_\alpha \quad (2.33)$$

$$\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_\alpha \quad (2.34)$$

Сили в зачепленні:

- колова, Н

$$F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1}; \quad (2.35)$$

- радіальна сила на шестірні дорівнює осьовій на колесі, Н

$$F_{r1} = F_{\alpha 2} = F_t \cdot \tg \alpha \cdot \cos \delta_1; \quad (2.36)$$

- радіальна сила на колесі дорівнює осьовій на шестірні, Н

$$F_{r2} = F_{\alpha 1} = F_t \cdot \tg \alpha \cdot \cos \delta_2. \quad (2.37)$$

де α - кут зачеплення, $\alpha = 20^\circ$;

2.3 ВКАЗІВКИ ЩОДО ПІДГОТОВКИ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

При підготовці до лабораторної роботи по визначенню геометричних параметрів зубчастої конічної передачі студент повинен вивчити розділ курсу “Деталі машин”, де викладений матеріал по зубчастим передачам ([1] стор.312...328) і опрацювати дані методичні вказівки. Необхідно згідно даних варіанту завдання, приведеного в табл.А2 додаток А, провести аналітичні розрахунки і визначити геометричні параметри і сили конічної передачі з прямими зубцями.

2.4 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Включити комп’ютер. Після завантаження WINDOWS вибрати рядок “ПРОГРАММИ” з меню “ПУСК”. Після вибрати блок програм “APM Win Machine” та програму “APM Win Trans”.

З меню цієї програми відмітити “ТИП”, після цього “ПЕРЕДАЧІ”. З таблиці, яка висвічується на моніторі виділити передачу конічну з прямими зубцями і з меню таблиці натиснути “ВИБРАТИ”.

З меню програми знову відмічаємо “ТИП”, після цього “РОЗРАХУНОК”. На моніторі висвічується який з розрахунків ми можемо провести. Вибираємо “ПРОЕКТНИЙ” і мишкою відмічаємо його.

З меню програми відмічаємо “ДАНІ”. На моніторі висвічується таблиця вхідних даних, які вводимо згідно варіанту завдання (табл. А2 додаток А):

- момент на веденому валу, T_2 , Н·м;
- частота обертання веденого валу, n_2 , хв⁻¹;
- передаточне відношення;
- необхідний ресурс передачі, год;
- термообробка шестірні і колеса (покращення, гартування, азотування, цементация);
- режим роботи (постійний, важкий, середньомовірний, середньонормальний, легкий, особливо легкий).

З меню таблиці вибираємо пункт “ЩЕ” і на моніторі з’являється таблиця додаткових даних. Вводимо:

- твердість поверхні зубців шестірні і колеса, HRC₃;
- стандартне значення зовнішнього колового модуля зачеплення, згідно аналітичного розрахунку, мм;
- осьову форму зубця;
- тип опори вала шестірні (кулькові підшипники чи роликові конічні).

В таблицях відмічаємо напис “ПРОДОВЖИТИ”.

З меню програми вибираємо “РОЗРАХУНОК”. При умові правильного введення даних на моніторі висвічується напис “РЕЗУЛЬТАТИ”. З меню програми вибираємо “РЕЗУЛЬТАТИ”. На моніторі висвічується таблиця необхідних результатів розрахунку. Відмічаємо ⊗:

- основні параметри;
- параметри матеріалу;
- сили в зачепленні;
- геометричні параметри;

В меню таблиці відмічаємо напис “ПРОДОВЖИТИ” і по чергово проглядаємо результати розрахунку.

Виводимо на друк результати розрахунків.

Проводимо декілька аналогічних розрахунків кожен раз змінюючи одне із вхідних даних за вказівкою викладача, наприклад, крутний момент на веденому валу. Визначаємо як змінюється при цьому зовнішній ділительний діаметр колеса. Будуємо графік залежності зовнішнього ділительного діаметра від крутного моменту на веденому валу.

2.5 ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт про виконання лабораторної роботи студент повинен оформити акуратно, грамотно, згідно з вимогами ЄСКД. Звіт має містити:

2.5.1 Титульну сторінку (додаток Г).

2.5.2 Розрахунки геометричних параметрів і сил в зачепленні конічної передачі виконаних аналітично.

2.5.3 Розрахунки геометричних параметрів і сил конічної передачі виконаних з допомогою ЕОМ.

2.5.4 Порівняння розрахунків виконаних двома методами і висновок.

2.5.5 Навести графік залежності зовнішнього ділительного діаметра від одного із змінених даних за вказівкою викладача і висновок.

2.6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

2.6.1 Охарактеризуйте конічні зубчасті передачі з точки зору їхньої будови, виконання та несучої здатності.

2.6.2 Назвіть переваги і недоліки конічної зубчастої передачі з круговими зубцями по відношенню до передачі з прямими зубцями.

2.6.3 Сформулюйте основну теорему зачеплення.

- 2.6.4 Охарактеризуйте параметри, від яких залежать допустимі контактні напруження.
- 2.6.5 Чому рекомендується брати для шестірні матеріал вищої якості, ніж для колеса?
- 2.6.6. Назвіть основні параметри конічних зубчастих коліс та запишіть формули для їх визначення.
- 2.6.7. Чому не рекомендується приймати кількість зубців шестірні менш як 17?
- 2.6.8. Приведіть залежність між середнім і зовнішнім коловим модулями конічної прямозубої передачі.
- 2.6.9 Як змінюється висота зубця конічної прямозубої передачі в поперечних перерізах на різних відстанях від вершини конуса?
- 2.6.10 Від чого залежить вибір ступеня точності зубчастої передачі.
- 2.6.11 З якою метою роблять заміну конічної передачі еквівалентною циліндричною?
- 2.6.12 Які сили виникають у зачепленні конічних коліс? За якими формулами обчислюють ці сили? Покажіть напрями цих сил на відповідному рисунку.