

## ТЕРТЯ КОВЗАННЯ В ЗУБЧАСТІЙ ПАРИ

## SLIDING FRICTION IN A GEAR PAIR

Павло Носко<sup>1</sup>, Олександр Башта<sup>1</sup>, Григорій Бойко<sup>2</sup>, Володимир Мельник<sup>1</sup><sup>1</sup>Національний авіаційний університет,  
пр. Любомира Гузара 1, Київ, 03058, Україна<sup>2</sup>Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля,  
вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, 01042, Україна

*To solve the problem related with improving the performance of gear drives of machines, authors propose a method for determining sliding friction losses in a gear pair. Analytical dependencies were obtained that allow determining power losses due to sliding friction depending on kinematic, force and strength factors, properties of lubricants and wheel materials.*

Для аналізу чинників, які впливають на ККД зубчастої передачі, з метою подальшої оптимізації застосовуємо емпірико-аналітичне моделювання зубчастої передачі з використанням попередньо заданих постійних коефіцієнтів тертя.

Метою даного дослідження є теоретичне визначення втрат тертя ковзання в зубчастій парі.

Зачеплення пари зубів починається в точці А, де коло вершин веденого колеса перетинає лінію зачеплення  $N_1N_2$  і закінчується в точці С, де цю саму лінію зачеплення перетинає коло вершин ведучого колеса. Точка дотику профілів розглянутої пари зубців за час їхнього зачеплення проходить по лінії зачеплення  $N_1N_2$  активну ділянку АС.

На ділянках лінії зачеплення АЕ і DB у зачепленні беруть участь дві пари зубців, а на ділянці ED - одна пара зубців.

Робота сил тертя може бути визначена наступним чином:

$$A_f = \int F_f \cdot V_s \cdot dt = \int F_f \cdot \frac{V_s}{V_t} \cdot dy,$$

де  $V_s = u \cdot (\omega_1 + \omega_2)$  - відносна миттєва швидкість ковзання сполучених профілів зубців, м/с;

$F_f = f \cdot F_n$  - сила тертя, що визначається за законом Кулона-Амонтона, Н.

$V_1 = \omega_1 \cdot r_{w1} \cdot \cos \alpha_w$  - швидкість точки зачеплення бічних поверхонь зубців, м/с;

$F_n = \frac{T_1}{r_{w1} \cdot \cos \alpha_w}$  - нормальне зусилля, яке діє на зубці передачі, Н.

$f$  - коефіцієнт тертя в зубчастій парі, який визначається експериментально різними авторами.

Практично всі емпіричні залежності показують, що коефіцієнт тертя залежить від швидкостей ковзання і кочення поверхонь, кінематичної в'язкості мастильного матеріалу, а також, відомі залежності, в яких присутні величини нормального навантаження  $F_n$ , шорсткості поверхонь зубців та радіуси кривизни профілів зубців.

Роботу, витрачену на тертя вздовж усієї лінії зачеплення визначаємо

$$A_f = \frac{u+1}{u} \cdot \frac{T_1 \cdot r_{w1}^2 \cdot \tau_1^2}{4 \cdot r_{w1}^2 \cdot \cos^2 \alpha_w} \cdot [f_1 \cdot (\chi_1^2 + \chi_2^2) - (2 \cdot f_1 - f_2) \cdot (\varepsilon - 1)]$$

де  $f_1$  - коефіцієнт тертя в зубчастій парі при однопарному і  $f_2$  - двохпарному зачепленні.

Робота, яка передається зубчастою передачею визначається добутком

$$A_z = F_n \cdot p_b = \frac{T_1 \cdot r_{b1} \cdot \tau_1}{4 \cdot r_{w1} \cdot \cos \alpha_w}, \quad \text{де } p_b \text{ - крок зубців по основному колу зубчастого колеса, м.}$$

Остаточний коефіцієнт втрат унаслідок тертя ковзання сполучених поверхонь зубів визначиться відношенням

$$\psi_f = \frac{u+1}{u} \cdot \frac{r_{b1} \cdot \tau_1}{2 \cdot r_{w1} \cdot \cos \alpha_w} \cdot [f_1 \cdot (\chi_1^2 + \chi_2^2) - (2 \cdot f_1 - f_2) \cdot (\varepsilon - 1)]$$