

зменшує значну частку можливостей і уповільнює темп розвитку. І чим складніша ситуація, тим більше втрати [5, с.5].

Список використаних джерел

- [1] Посукан Р.В., Петренко Ю.А. Комп'ютерна технологія вибору промислових роботів для машинобудівельного підприємства. *Комп'ютерні технології і мехатроніка* : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Харків : ХНАДУ, 2020. С. 413-416.
- [2] Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD.IFR. [Он-лайн]. Доступно : <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd>
- [3] Двигуни постійного струму. Стаття. PromPro. [Он-лайн]. Доступно : <https://yani-motors.com.ua/a321573-dvigateli-postoyannogo-toka.html>
- [4] *Елизавета Эрмант*. Kawasaki розповів як створюються промислові роботи. RobotForum. [Он-лайн]. Доступно : <http://robotforum.ru/novosti-technologij/kawasaki-rasskazal-kak-sozdayutsya-promyishlennyye-robotyi-video.html>
- [5] Філь Н. Ю., Шевченко М. В. Теорія розробки та прийняття оптимальних рішень. Харків: ХНАДУ, 2011. 47 с.

УДК 621.878

ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗНОШУВАННЯ ВУЗЛА ТЕРТЯ

Щукін О.В., Орел О.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Було розглянуто процес зношування трибосистем для моделі електростатичної взаємодії тонкодисперсних заряджених частинок зношування з поверхнею тертя. При цьому вважалося, що дрібнодисперсні частинки знаходяться зазвичай у зарядженому стані, що пов'язано з термоелектронною емісією, а також через наявність різниці хімічних

потенціалів між частинками зносу і робочою рідиною або елементами вторинних структур. Величина заряду q дисперсної частинки пов'язана з їх розміром a виразом [1]

$$q = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon\varphi_0a \cdot \exp\left(-\frac{a}{D}\right), \quad (1)$$

де ε – діелектрична проникність середовища;

ε_0 – електрична стала;

φ_0 – потенціал виходу;

a – розмір частинок забруднень;

D – радіус дебаєвського екранування заряджених частинок.

Згідно з термодинамічною концепцією поверхневий шар можна розглядати як відкриту термодинамічну систему, здатну обмінюватися енергією і речовиною з навколишнім середовищем і яка характеризується комплексом інтенсивних характеристик.

На основі цієї концепції було отримано наступне рівняння балансу частинок зношування:

$$n_V = n_0 - n_{ex} + n_{gi}, \quad (2)$$

де n_V – загальна об'ємна концентрація частинок зношування у вузлі тертя;

n_0 – концентрація часток зношування, що генеруються безпосередньо поверхнями тертя;

n_{ex} – концентрація частинок зношування, що виносяться з вузла тертя.

n_{gi} – концентрація частинок, що генеруються всередині вузла тертя за рахунок внутрішніх процесів, які перетікають у вузлі;

Ця ж концепція у поєднанні з відомою теоремою І. Пригожина про мінімізацію продукування ентропії дозволила отримати рівняння для

інтенсивності зношування i_v у вигляді

$$i_v = 2,8 \cdot 10^{-5} h \frac{\varphi_0 \sqrt{\varepsilon}}{\sqrt{\rho\alpha} \cdot \delta^{5/6} R_{\max}^{2/3} \left[1 - \left(\frac{a_0 \cdot \rho c}{b_0 \cdot \text{HB}} \right)^{1/v} \right]^{2/3}} \cdot k_q \frac{\left(1 - \frac{n_{gi}}{n_v} \right)^{1/3}}{\left(\frac{n_{ex}}{n_v} \right)^{4/3}}, \quad (3)$$

де h – товщина деформованого шару тертя;

k_q – коефіцієнт пропорційності між концентрацією заряджених частинок зношування і їхньою загальною концентрацією;

δ – величина подвійного електричного шару.

Відношення $\frac{n_{ex}}{n_v} = \theta$ можна трактувати як частинку дрібнодисперсних частинок у повному ансамблі частинок забруднень через те, що з вузла тертя виноситься, головним чином, дрібнодисперсні частинки, і вважати її протизношувальним параметром. Цю величину можна пов'язати з величиною коефіцієнта протизношувальних властивостей K_j [2], що визначається як відношення кількості дрібнодисперсних частинок до кількості решти частинок, тобто

$$K_j = \frac{n_d}{n_v - n_d}, \quad (4)$$

де $n_d \approx n_{ex}$ – об'ємна концентрація дрібнодисперсних частинок.

Очевидно, що між протизношувальним параметром θ й коефіцієнтом протизношувальних властивостей K_j існує зв'язок, який має вигляд співвідношення

$$\theta = \frac{K_j}{1 + K_j}. \quad (5)$$

Тоді рівняння (3) для інтенсивності зношування вузла тертя набуває вигляду

$$i_v = 2,8 \cdot 10^{-5} h \frac{\varphi_0 \sqrt{E}}{\sqrt{\rho a} \cdot \Delta^{5/6} R_{MAX}^{2/3} \left[1 - \left(\frac{a_0 \cdot P_c}{b_0 \cdot H_B} \right)^{1/N} \right]^{2/3}} \cdot k_q n_V^{1/3} \left(1 - \frac{n_{gi}}{n_V} \right)^{1/3} \left(1 + \frac{1}{K_j} \right)^{4/3}. \quad (6)$$

де h – товщина деформованого шару;

Δ – середній розмір частинок забруднень;

ρ – середня густина матеріалів, з яких складаються частинки забруднень;

R_{MAX} – максимальна відстань між поверхнями зношування;

Δ – величина подвійного електричного шару;

ε – діелектрична проникність середовища;

φ – потенціал виходу матеріалу частинок зношування;

k_q – коефіцієнт пропорційності між концентрацією заряджених частинок і їхньою загальною концентрацією;

$\frac{a_0 \cdot P_c}{b_0 \cdot H_B}$ – величина відносного зближення.

Як можна бачити з рівняння (6), зі збільшенням величини коефіцієнта K_j протизношувальних властивостей РР інтенсивність зношування зменшується.

Список використаних джерел

[1] С. К. Goertz, «Dusty plasmas in the Solar system», Reviews of Geophysics. Т. 27, №2, сс. 271-272, 1992.

[2] О. В. Орел, «Визначення строку служби робочої рідини в гідросистемі автогрейдера». Строительство, материаловедение, машиностроение, ГВУЗ ПГАСА. Днепропетровск, Вып.66, сс. 147–150, 2012.