

УДК 621.81.004

Визначення коефіцієнта тертя вертіння для кругових площадок контакту

Перепічка В. В.¹, к.т.н., с.н.с.

Бурда М. Й.², доц. каф. зносостійкості та відновлення деталей

¹ Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України (вул. Наукова, 3^б, м. Львів, 79060, Україна)

² Івано-Франківський Національний технічний університет нафти і газу (вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна)

При безвідривному рухомому контакті двох тіл в загальному випадку в області контакту можливе виникнення сил тертя ковзання, кочення і вертіння, що є фізико-механічною відповідністю допустимій кінематиці руху одного тіла по іншому. В даному повідомленні робиться спроба записати визначальні вирази для експериментального визначення коефіцієнта тертя вертіння.

Нехай ми маємо дві співвісно розташовані кільцеві шайби (з одного або різних матеріалів), одна з яких жорстко закріплена, а друга притискається до першої з певною силою (див рис. 1). До притисненої шайби прикладений крутний момент, що є функцією кута провертання (реалізується як плече маси, що повертається навколо осі в полі земного тяжіння). За допомогою такої моделі стає можливим визначення не лишень коефіцієнту тертя вертіння спокою, але й руху шляхом виведення визначального виразу через кути зриву і зупинки притисненої шайби. Величину коефіцієнта тертя шукаємо в інтегральній формі, не розрізняючи адгезійну і деформаційну складові.

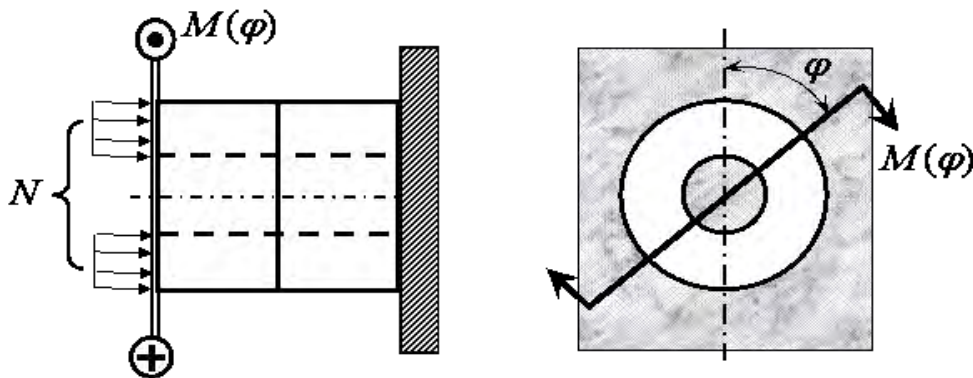


Рис. 1 Схема моделі для визначення коефіцієнта плеча тертя вертіння

Запишемо диференційне рівняння обертання притисненої шайби навколо нерухомої осі.

$$K\ddot{\varphi}(t) = M(\varphi) - M_{\text{ТВ}}.$$

Тут K – момент інерції притисненої шайби відносно осі можливого обертання; $M(\varphi) = P \cdot d \cdot \sin \varphi$ – зовнішній прикладений момент; $M_{\text{ТВ}} = f \cdot N$ – момент сили тертя вертіння.

Перейшовши до нової безрозмірної змінної часу $\tau = \sqrt{K/Pd} \cdot t$, отримаємо рівняння наступного вигляду:

$$\ddot{\varphi}(\tau) = \sin \varphi(\tau) - V, \text{ де } V = f \cdot N/d \cdot P.$$

Після домноження правої і лівої частини рівняння на величину швидкості зміни кута провертання і інтегрування отримаємо:

$$\dot{\varphi}^2(\tau) = -2 \cos \varphi(\tau) - 2V\varphi(\tau) + C.$$

Сталу визначаємо з початкової умови, що в момент початку руху $\dot{\varphi}(0) = 0$ при куті зривання $\varphi(0) = \varphi_o$. Таким чином отримуємо вираз для швидкості зміни кута провертання:

$$\dot{\varphi}(\tau) = \sqrt{2V(\varphi_o - \varphi(\tau)) + 2(\cos \varphi_o - \cos \varphi(\tau))}.$$

В момент зупинки провертання $\dot{\varphi}(\tau_k) = 0$ при куті зупинки $\varphi(\tau_k) = \varphi_k$. Тому вернувшись до вихідних позначень можемо записати вираз для коефіцієнта тертя верчення через значення кутів зриву і зупинки:

$$f = (d \cdot P \cdot (\cos \varphi_k - \cos \varphi_o)) / N \cdot (\varphi_o - \varphi_k).$$

На основі вищенаведеного можна записати вираз для відношення статичних і динамічних коефіцієнтів тертя вертіння:

$$\frac{f_s}{f_d} = \frac{\sin \varphi_o (\varphi_o - \varphi_k)}{\cos \varphi_k - \cos \varphi_o}.$$

Слід відмітити, що запропонована модель при фіксованих значеннях притискуючого зусилля та зовнішнього крутного моменту дає можливість проводити експериментальне визначення коефіцієнта не разово, а двічі. Перший раз при кутах зриву від нуля до $\pi/2$, і повторно при кутах від $\pi/2$ до π . Коли отримані значення шуканого коефіцієнту тертя різнитимуться суттєво (більше за величину похибки експерименту), то це свідчитиме, що для даного поєднання матеріалів шайб та класів чистоти їх поверхні динамічний коефіцієнт тертя вертіння суттєво залежить від швидкості провертання. Про це свідчить опосередкований аналіз діаграми силових факторів, що діють в рамках досліджуваної моделі (рис. 2).

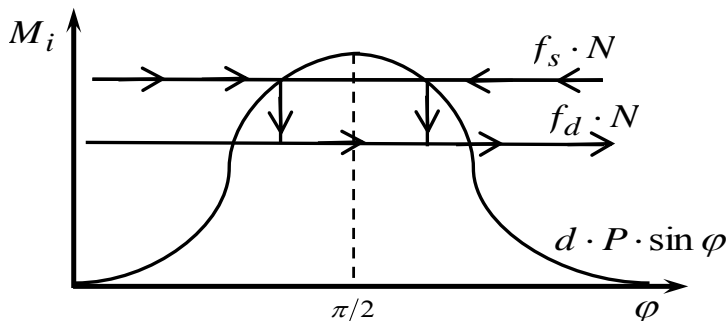


Рис. 2 Діаграма силових факторів

Оскільки при старті зверху (при кутах зриву від нуля до $\pi/2$) має місце розгін (див. рис. 2), то природно припустити, що швидкість провертання набагато більша ніж при старті з нижньої точки.

Таким чином отримані співвідношення дають можливість визначати коефіцієнт тертя верчення та перевіряти степінь залежності цього коефіцієнта від швидкості провертання. Слід звернути особливу увагу, що в отримані вирази не входить момент інерції, що є свідченням адекватності моделі.