

Дослідження руху східчастої котушки по шорсткій горизонтальній поверхні

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Для однорідної східчастої котушки, що переміщується без ковзання по шорсткій горизонтальній поверхні за рахунок натягу кабелю, на підставі диференціальних рівнянь плоского руху знайдене рівняння руху її центра мас та силу тертя. З'ясовано, що сила тертя при русі котушки без ковзання не досягає максимального значення і її напрямок та рух залежить від кута нахилу кабелю до горизонту.

Ключові слова. Однорідна східчаста котушка, рух без ковзання, плоский рух, рівняння руху центра мас, сила тертя.

Abstract. For uniform step coil that moves without slipping on a horizontal surface rough by tension cables, based on differential equations plane motion equations of motion found its center of mass and the force of friction. It was found that the friction during movement of the coil without slip reaches the maximum value and its direction and movement depends on the angle of the cable to the horizon.

Keywords: Uniform step coil, movement without slipping, flat movement, equation center of mass, friction.

Розглянемо однорідну котушку в початковий (рис.1, а) і довільний момент часу (рис. 1, б).

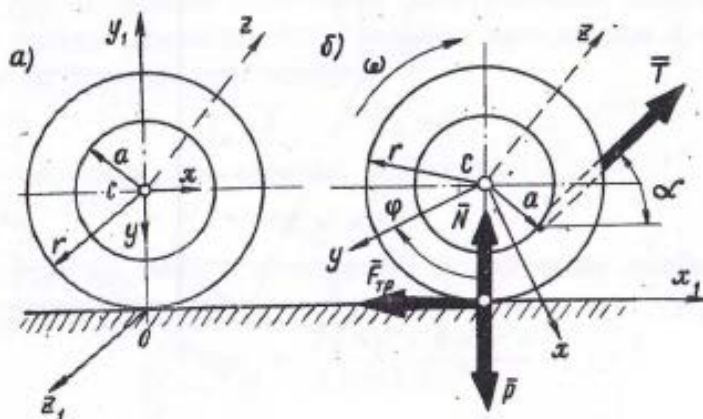


Рисунок 1

Східчаста котушка переміщується по шорсткій горизонтальній поверхні під дією сила тяжіння P , сили натягу T кабелю, сили нормального тиску підлоги N і сили тертя $F_{тр}$ ковзання.

Для дослідження руху котушки (рис. 1, б) запишемо диференціальні рівняння плоского руху твердого тіла в проекціях на осі (рис. 1, а) нерухомої системи координат:

$$\frac{P}{g} \ddot{x}_{rc} = T \cos \alpha - F_{тр}, \quad \frac{P}{g} \ddot{y}_{rc} = T \sin \alpha + N - P, \quad \frac{P}{g} \rho^2 \ddot{\varphi} = -T a + F_{тр} r.$$

Двічі інтегруючи перше диференціальні рівняння ($y_{1c} = r$) отримаємо рівняння руху центра мас котушки:

$$x_{1c} = \frac{Tgr(r \cos \alpha - a)}{2P(r^2 + \rho^2)}.$$

З цього рівняння маємо, що вісь котушки в залежності від співвідношення $r \cdot \cos \alpha$ і a буде рухатись по-різному, а саме: $r \cdot \cos \alpha > a$ – рух вправо; $r \cdot \cos \alpha = a$ – руху немає; $r \cdot \cos \alpha < a$ – рух вліво.

Такі ж висновки можна зробити з розгляду рис. 2.

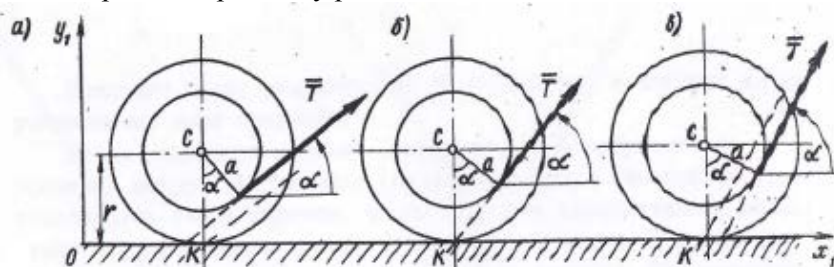


Рисунок 2

При $r \cdot \cos \alpha > a$ лінія дії сили T (рис. 2, а) проходить лівіше миттєвого центру швидкостей (точка K), в зв'язку з чим ця сила прагне повернути котушку навколо точки K за годинниковою стрілкою і викликає її кочення вправо.

При $r \cdot \cos \alpha = a$ лінія дії сили T (рис. 2, б) проходить через миттєвий центр швидкостей (точка K) і котушка не буде рухатись.

При $r \cdot \cos \alpha < a$ лінія дії сили T (рис. 2, в) проходить правіше миттєвого центру швидкостей в зв'язку з чим ця сила прагне повернути котушку навколо точки K проти годинникової стрілки і викликає її кочення вліво.

Варто зауважити, що при коченні котушки без ковзання сила тертя

$$F_{\text{тр}} = \frac{T(\rho^2 \cos \alpha + ar)}{r^2 + \rho^2}$$

в загальному випадку не досягає свого максимального значення і тому повинна визначатися з диференціальних рівнянь руху, а не за законом Амонтона-Кулона. Таким чином, при всіх кутах $\alpha \leq \frac{\pi}{2}$

сила тертя, незалежно від того, в яку сторону рухається котушка завжди направлена вліво. Але з збільшенням кута α сила тертя зменшується, набуває значення нуля, після чого збільшуючись по модулю, виявляється направленою вже не вліво, а вправо.

Також необхідно зауважити, що при збільшенні натягу кабелю T , зростаюча сила тертя ковзання в кінцевому результаті досягне свого максимального значення і тоді котушка буде котитися з ковзанням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Павловський М. А. Теоретична механіка: [підручник] / М. А. Павловський. – К.: Техніка, 2002. – 512 с. – ISBN 966-575-184-0.
2. Федотов В. О. Аналітична динаміка. Розрахунково-графічні та контрольні завдання : [навч. посіб.] / В. О. Федотов, О. Д. Панкевич – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 125 с.

Антонюк Олександра Євгенівна Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, e-mail: aleksandra.antonyuk@gmail.com .

Басистий Віталій Олександрович, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, e-mail: vital.bass1@gmail.com .

Гончарук Ліза Леонідівна, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, e-mail :lizahoncharuk@gmail.com .

Науковий керівник: Федотов Валерій Олександрович, кандидат технічних наук, Вінницький національний технічний університет, професор кафедри опору матеріалів та прикладної механіки ВНТУ, e-mail: valeriy.fedotov@bk.ru, тел. +380507585509, Україна, 21000, м. Вінниця, вул. Воїнів Інтернаціоналістів, 9А, кв. 84.

Olexandra Antonyuk student of Heat and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University. .e-mail aleksandra.antonyuk@gmail.com

Vitaly Basisty, B- student of Heat and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University. .e-mail vital.bass1@gmail.com .

Honcharuk Liza student of Heat and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University. .e-mail lizahoncharuk@gmail.com

Supervisor: Valery Fedotov, Ph.D., Vinnytsia National Technical University, professor of materials resistance and applied mechanics VNTU, Ukraine. e-mail: valeriy.fedotov@bk.ru, tel. +380507585509, Ukraine, 21000, Vinnytsya, st. Soldiers Internationalists, 9A, 84.