

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ
ТЕОРЕМИ ПРО ЗМІНУ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі за допомогою теореми про зміну кінетичної енергії визначено потужність двигуна машини для шліфування льоду та шлях, що пройшла машина до зупинки.

Ключові слова: кінетична енергія, робота, потужність двигуна, машина для шліфування льоду.

Abstract

In this work, using the theorem on the change of kinetic energy, the power of the engine of the machine for grinding ice and the path that passed the car to the stop were determined.

Keywords: kinetic energy, work, engine power, the machine for grinding ice.

Метою роботи є визначення потужності двигуна машини для шліфування льоду та шляху, що пройшла машина до зупинки використовуючи теорему про зміну кінетичної енергії (рис. 1).

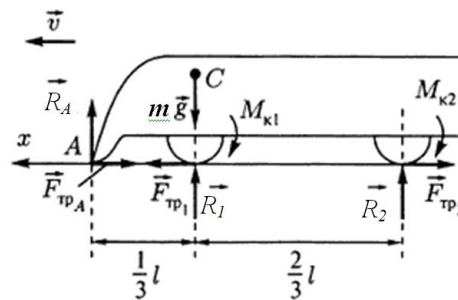


Рисунок 1 – Машина для шліфування льоду з прикладеними до неї силами

Машина масою m для шліфування льоду рухається прямолінійно по горизонтальній площині катка зі швидкістю v . Положення центра мас C вказано на рис. 1. Обчислити потужність двигуна машини, що передається на осі коліс та визначити шлях, що пройде машина до зупинки, якщо f_k – коефіцієнт тертя кочення між колесами машини та льодом, а f – коефіцієнт тертя ковзання між шліфуючою кромкою A та льодом. Масою коліс радіусу r , що котяться без ковзання, знехтувати.

При розв'язанні подібних задач в розділі динаміка системи [1 – 4] використовується теорема про зміну кінетичної енергії:

$$T - T_0 = \sum A^E + \sum A^i, \quad (1)$$

де T і T_0 – кінетична енергія системи в кінцевому та початковому положеннях відповідно;

$\sum A^E, \sum A^i$ – сума робіт від зовнішніх та внутрішніх сил системи відповідно.

$$T = 0, \quad (2)$$

оскільки в момент зупинки $v = 0$.

$$\sum A^i = 0, \quad (3)$$

при розв'язанні задачі будемо вважати, що тіла абсолютно тверді, а, як відомо, сума робіт від внутрішніх сил абсолютно твердого тіла на будь-якому його переміщенні дорівнює нулю.

Тоді

$$-T_0 = \sum A^E. \quad (4)$$

Колеса котяться без ковзання, тому в точках їх дотику з поверхнею знаходяться миттєві центри швидкостей. Так як масою коліс можна знехтувати, а машина рухається поступально

$$T_0 = \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$

Із зовнішніх сил роботу виконують лише сила тертя ковзання в опорі A і моменти тертя кочення коліс:

$$\sum A^E = -F_{\text{тр}A}s - 2M_{k1}\varphi - 2M_{k2}\varphi = -fR_A s - 2(f_k R_1 + f_k R_2)\varphi = -fR_A s - 2f_k(R_1 + R_2)\frac{s}{r}. \quad (6)$$

При визначенні нормальних реакцій R_A , R_1 і R_2 скористаємось рівняннями рівноваги статки:

$$\sum M_D = 0; \quad mg\frac{2}{3}l - R_A\left(\frac{1}{3}l + \frac{2}{3}l\right) = 0. \quad (7)$$

$$\sum F_y = 0; \quad R_A - mg + R_2 = 0. \quad (8)$$

З рівняння (7):

$$R_A = \frac{mg\frac{2}{3}l}{l} = \frac{2}{3}mg. \quad (9)$$

З рівняння (8):

$$R_2 = mg - R_A = mg - \frac{2}{3}mg = \frac{1}{3}mg. \quad (10)$$

Так як машина служить для шліфування льоду, то її призначення в тому, щоб якомога сильніше притиснути скребок A , тоді $R_1 \rightarrow 0$.

Тому (9) і (10) \rightarrow (6)

$$\sum A^E = -f \cdot \frac{2}{3}mgs - 2f_k \cdot \frac{1}{3}mg\frac{s}{r} = -mgs\left(\frac{2}{3}f + \frac{2f_k}{3r}\right). \quad (11)$$

Підставивши всі знайдені вирази в теорему про зміну кінетичної енергії, тобто (5) і (11) \rightarrow (4), отримаємо:

$$-\frac{mv^2}{2} = -mgs\left(\frac{2}{3}f + \frac{2f_k}{3r}\right). \quad (12)$$

Із цього рівняння знаходимо шлях s , який буде пройдено машиною для шліфування льоду до зупинки:

$$s = \frac{v^2}{\frac{g}{3}\left(f + \frac{f_k}{r}\right)}. \quad (13)$$

Потужність двигуна машини, що передається на осі коліс:

$$N = M_{k2} \cdot \omega + F_{\text{тр}A} \cdot v = (f_k \cdot R_2)\frac{v}{r} + f \cdot R_A \cdot v = \left(f_k \cdot \frac{1}{3}mg\right)\frac{v}{r} + f \cdot \frac{2}{3}mgv = \frac{mg}{3}v\left(\frac{f_k}{r} + 2f\right). \quad (14)$$

Висновки

В даній роботі за допомогою теореми про зміну кінетичної енергії визначено шлях, який пройшла машина для шліфування льоду до зупинки. З формули (13) видно, що шлях прямо пропорційний квадрату швидкості. Також обчислено потужність двигуна машини для шліфування льоду, що передається на осі коліс за формулою (14).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Теоретична механіка: [підруч. для студ. вищ. навч. техн. закл.] / [Зінько Я. А., Ванькович Т.-Н. М., Векерик В. І. та ін.]; за ред. І. В. Кузьо; худож.-оформлювач В. М. Карасик. – Х. : Фоліо, 2017. – 780 с.
2. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. т.1. Статика и кинематика / Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. – [8-е изд. перер.]. – М. : Наука, 1984. – 504 с.
3. Бать М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. т.2. Динамика / Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. – [2-е изд. испр.]. – М. : Наука, 1964. – 664 с.
4. Мещерский И. В. Сборник задач по теоретической механике: [учебн. пос. – 35-е изд, перер.]. М. : Наука, 1981. – 480 с.

Кириця Інна Юрївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail slk-vin@ukr.net, тел. +380679843705

Баранов Владислав Анатолійович – студент групи ТТ-176, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Kyrytsya Inna Y. – PhD, Assistant Professor of Materials Resistance and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail slk-vin@ukr.net, tel. +380679843705.

Baranov Vladyslav A. – student gr. 1TT-17b, Department of Machine-building and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.