

# 12 Робота і потужність в обертовому русі

(тема 1.3.3)

## План

1. Робота при обертовому русі
2. Потужність при обертовому русі

Уявимо диск, який обертається навколо нерухомої осі під дією сталої сили  $P$  (рис. 15.7), точка прикладання якої переміщується разом з диском. Розкладемо силу  $P$  на три взаємно перпендикулярні складові:

$P_T$  — колове зусилля,  $P_2$  — осьове зусилля,  $P_3$  — радіальне зусилля. Під час повертання диска на нескінченно малий кут  $d\varphi$  сила  $P$  виконує елементарну роботу, яка за теоремою про роботу рівнодіючої дорівнюватиме сумі робіт складових. Але робота складових  $P_2$  і  $P_3$  дорівнює нулю, бо вектори цих сил перпендикулярні до нескінченно малого переміщення  $\Delta s$  точки прикладання  $M$ , тому елементарна робота сили  $P$  дорівнює роботі складової  $P_T$ :

$$dA = P_T ds = P_T R d\varphi$$

При повертанні диска на кінцевий кут  $\varphi$  робота сили  $P$  дорівнюватиме

$$A = \int_0^\varphi P_T R d\varphi = P_T R \int_0^\varphi d\varphi = P_T R \varphi,$$

де кут  $\varphi$  у радіанах. Оскільки моменти складових  $P_2$  і  $P_3$  відносно осі  $z$  дорівнюють нулю, то за теоремою Вариньона момент сили  $P$  відносно осі  $z$

$$\text{дорівнює } M_z(P) = P_T R$$

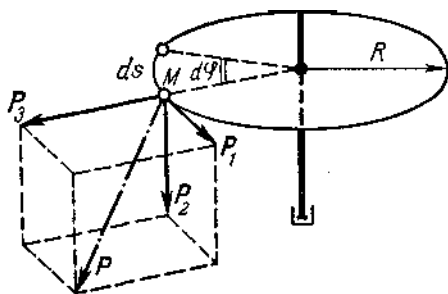


Рис. 15.7

т о м і відповідно до ГОСТу позна-

Момент сили, прикладеної до диска, відносно осі обертання називають обертаючим момен чають  $T$ :

$$T = M_z(P) \quad \text{отже} \quad A = T\varphi$$

Робота сталої сили, прикладеної до обертового тіла, дорівнює добутку обертаючого моменту на кутове прискорення.

**Приклад** Робітник обертає рукоятку лебідки, прикладаючи зусилля  $P = 200$  Н перпендикулярно до радіуса обертання. Знайти роботу, затрачену протягом 25 с, якщо довжина рукоятки  $R = 0,4$  м, а кутова швидкість її  $\omega = \pi/3$  рад/с.

**Розв'язання**, Спочатку визначимо кутове переміщення  $\varphi$  рукоятки лебідки за 25 с:

$$\varphi = \omega t = \pi/3 \cdot 25 = 26,18 \text{ рад.}$$

Тепер використаємо формулу для визначення роботи сили під час обертального руху:

$$A = T\varphi.$$

Підставимо числові значення, тоді

$$A = 200 \cdot 0,4 \cdot 26,18 = 2100 \text{ Дж} = 2,1 \text{ кДж.}$$

Робота будь-якої сили може тривати різні проміжки часу. Щоб визначити швидкість виконання роботи, в механіці введено поняття потужності. *Потужністю сили називають роботу, виконану протягом одиниці часу.* Якщо робота відбувається рівномірно, то потужність визначається за формулою

$$N = A/t$$

Коли напрями сили і переміщення збігаються, формулу потужності можна записати

$$N = \frac{A}{t} = \frac{Ps}{t} \quad \text{або} \quad N = Pv.$$

*Потужність сили дорівнює добутку модуля сили на швидкість то її прикладання.*

Одиниця потужності:

$$[N] = \frac{[A]}{[t]} = \frac{\text{робота}}{\text{час}} = \text{джоуль на секунду} = \text{ват (Вт)}.$$

Якщо роботу виконує сила, прикладена до обертового тіла, рухається рівномірно, то потужність обчислюють за формулою

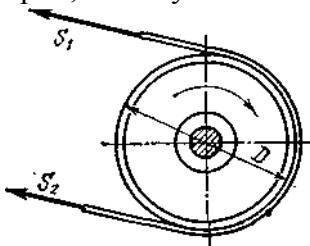


Рис. 15.8

$$N = \frac{A}{t} = \frac{T\varphi}{t} \quad \text{або} \quad N = T\omega$$

*Потужність сили, прикладеної до обертого тіла, дорівнює добутку обертаючого моменту на кутову швидкість.*

**Приклад** За допомогою паса передається потужність  $N = 14,72 \text{ кВт}$ . Діаметр шківів  $D = 1000 \text{ мм}$ .

кутова швидкість  $\omega = 5\pi \text{ рад/с}$ . Приймаючи наті ведучої частини паса вдвоє більшим від натягу  $S_1$  і напі частини, визначити  $S_2$  (рис. 15.8).

**Розв'язання.** Різниця натягів частин дорівнює силі тертя, яка діє між пасом і шківом цього випадку коловим зусиллям. Обертаючий момент, що діє на шків, дорівнює  $T = (S_1 - S_2) D/2 = S_2 D/2$ .

З другого боку, обертаючий момент можна обчислити, знаючи потужність, яка і дається, і кутову швидкість;

$$T = N/\omega = 14\,720/(5\pi) = 936 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тепер можна визначити натяг  $S_2$  веденої частини паса;

$$S_2 = 2T/D = 2 \cdot 936/1 = 1872 \text{ Н.}$$

За умовою, натяг ведучої частини в два рази більший, ніж веденої, тому

$$S_1 = 2S_2 = 2 \cdot 1872 = 3744 \text{ Н.}$$

## Питання для самоконтролю

1. Чому дорівнює робота при обертовому русі ?
2. Як визначити потужність при обертовому русі?