



ФАТК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

Егорьевский авиационный технический колледж имени В.П. Чкалова
филиал ФБГОУ МГТУ ГА

ТЕХНИЧЕСКАЯ
МЕХАНИКА

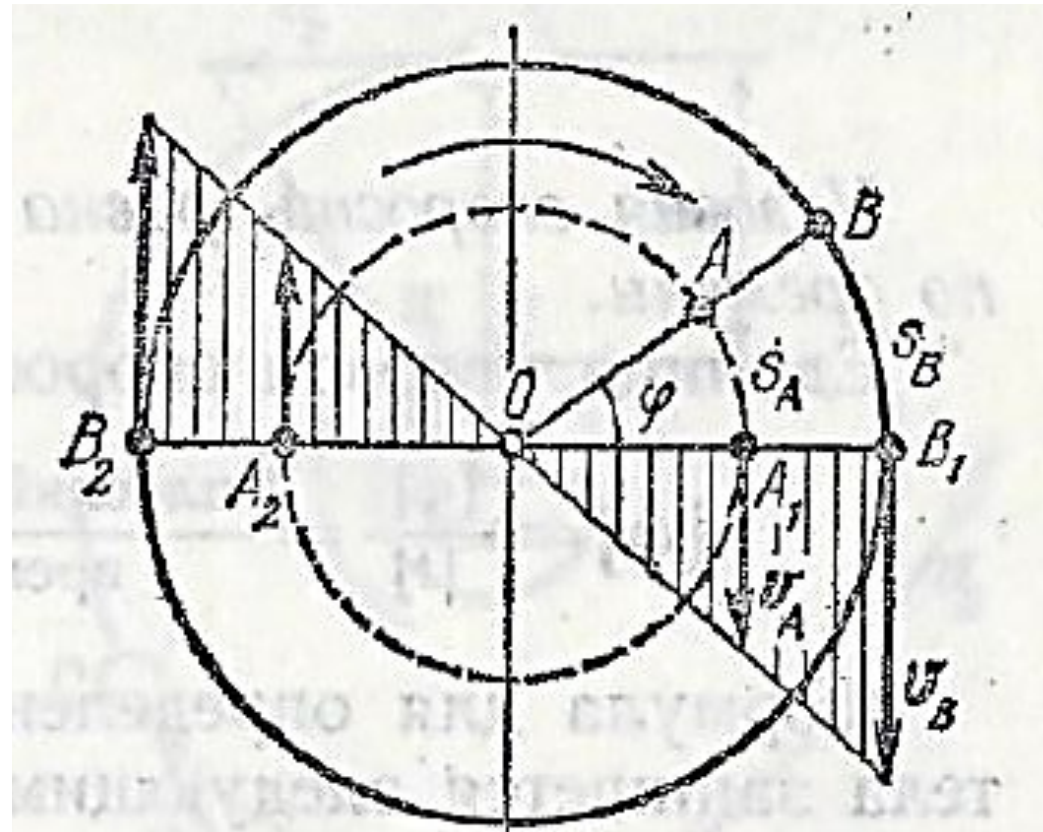
Раздел 9. Простейшие движения твердого тела

**Тема №20. Вращательное движение тела
вокруг неподвижной оси.**

Определение

- **Вращательное движение** – это движение при котором две точки твердого тела или неизменяемой системы остаются неподвижными.

Инфографика



Теория

- При вращательном движении тела точки его, находящиеся на различном расстоянии от оси вращения, имеют неодинаковые траектории, скорости и ускорения.

Угловое перемещение

- Угловое перемещение выражается в:

φ - радианах (рад) или

N - оборотах (об)

1 об - 2π рад.

N об - φ рад.

Угловое перемещение - функция

- Угловое перемещение тела есть функция времени, следовательно, закон вращательного движения в общем виде запишется так:

$$\varphi = f(t)$$

Путь и скорость любой точки вращающегося тела

Путь любой точки вращающегося тела

$$s = r\varphi$$

r – расстояние точки от оси вращения

Скорость любой точки вращающегося тела

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d(r\varphi)}{dt} = r \frac{d\varphi}{dt}$$

Угловая скорость

- Угловая скорость есть кинематическая мера движения вращающегося тела, характеризующая быстроту его углового перемещения.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

Единица угловой скорости:

$$[\omega] = \frac{[\varphi]}{[t]} = \frac{\text{плоский угол}}{\text{время}} = \text{радиан в секунду} = \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

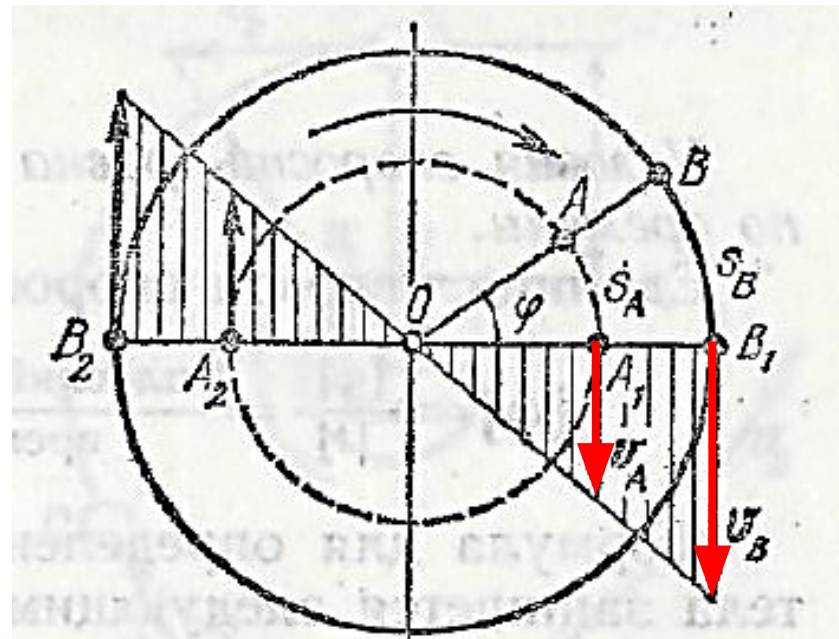
Итоговая формула скорости

- При подстановке в формулу скорости формулы угловой скорости получим следующую общую формулу:

$$v = \omega r$$

Вектор скорости

- Вектор скорости точки вращающегося тела направлен перпендикулярно радиусу соединяющему эту точку с осью вращения.



Скорость вращения

- В технике скорость вращения измеряют в оборотах в минуту и называют частотой вращения.

$$\frac{\text{об}}{\text{МИН}} = \text{МИН}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \omega \text{ рад} &- 1\text{с.} \\ 2\pi n \text{ рад} &- 60\text{с.} \end{aligned}$$

Итоговая формула угловой скорости

- С учетом выражения угловой скорости как частоты вращения формула угловой скорости преобразуется, и будет выглядеть следующим образом:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \text{ рад/с}$$

ПРИМЕР

Сколько времени продлится обточка вала диаметром 180 мм. И длиной 1000 мм, если обточка ведется за один проход резца. Подача резца за один оборот изделия 0,5 мм/об, а скорость резания 135 м/мин.

Решение

1. Найдем угловую скорость

$$\omega = \frac{v}{0,5d} = \frac{135}{0,5 * 0,18 * 60} = 25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

2. Найдем частоту вращения

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = 30 * \frac{25}{3,14} = 238 \text{ мин}^{-1}$$

Решение

3. Определим подачу резца в минуту.

$$s_{\text{мин}} = s_{\text{об}} = 0,5 * 238 = 119 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} = 0,119 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Определим машинное время, необходимое для обточки вала.

$$t = \frac{l}{s_{\text{мин}}} = \frac{1}{0,119} = 8,4 \text{ мин.}$$

Д/З

Сколько времени продлится обточка вала диаметром 281 мм. И длиной 1023 мм, если обточка ведется за один проход резца. Подача резца за один оборот изделия 0,10 мм/об, а скорость резания 170 м/мин.

1. Найдем угловую скорость

$$\omega = \frac{v}{0,5d} = \frac{170}{0,5 * 0,28 * 60} = 40,4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

2. Найдем частоту вращения

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = 30 * \frac{40,4}{3,14} = 386 \text{ мин}^{-1}$$

3. Определим подачу резца в минуту.

$$s_{\text{МИН}} = s_{\text{об}} = 1 * 386 = 386 \frac{\text{ММ}}{\text{МИН}} = 0,386 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

4. Определим машинное время, необходимое для обточки вала.

$$t = \frac{l}{s_{\text{МИН}}} = \frac{1,23}{0,386} = 3,18 \text{ МИН.}$$

Различные виды вращательного движения

- Равномерное вращательное движение;
- Неравномерное вращательное движение;
- Равнопеременное вращательное движение;

Равномерное вращательное движение

- Если тело вращается вокруг неподвижной оси с постоянной угловой скоростью, то движение называется **РАВНОМЕРНЫМ**

$$\omega = \text{const}, \quad \varphi = \omega t$$

Ускорения при равномерном вращательном движении

Касательное ускорение

$$a_t = r \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Нормальное ускорение

$$a_n = \frac{\omega^2 r^2}{dt} = \omega^2 r$$

Полное ускорение

$$a_n = \omega^2 r$$

ПРИМЕР

- Маховое колесо вращается равномерно с угловой скоростью 4π рад/с. Сколько оборотов колесо делает за 2 минуты.

Решение

1. Определим угловое перемещение колеса.

$$\varphi = \omega t = 4\pi * 120 = 480\pi \text{ рад.}$$

2. Определим число оборотов.

$$N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{480\pi}{2\pi} = 240 \text{ об.}$$

Д/З

- Маховое колесо вращается равномерно с угловой скоростью 4π рад/с. Сколько оборотов колесо делает за 10 минут.

1. Определим угловое перемещение колеса.

$$\varphi = \omega t = 4\pi * 600 = 2400\pi \text{ рад.}$$

2. Определим число оборотов.

$$N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{2400\pi}{2\pi} = 1200 \text{ об.}$$

Неравномерное вращательное движение

- Если угловая скорость вращающегося тела с течением времени меняется, то движение называется НЕРАВНОМЕРНЫМ

$$\varphi = f(t), \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

Касательное и угловое ускорение

Касательное ускорение

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega r)}{dt} = r \frac{d\omega}{dt}$$

Угловое ускорение.

Угловое ускорение есть кинематическая мера изменения угловой скорости вращающегося тела.

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Итоговая формула касательного ускорения

•

$$a_t = \varepsilon r$$

Нормальное и полное ускорение

Нормальное ускорение.

$$a_n = \omega^2 r$$

Полное ускорение.

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{(\varepsilon r)^2 + (\omega^2 r)^2}$$

$$a = r\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$