Ув. студенты! Ознакомиться с лекционным материалом и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до <u>14.01</u> на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

ЛЕКЦИЯ

Тема: Работа и мощность

Цель: изучение работы постоянной и переменной силы, работы силы тяжести, мощности и КПД.

План

- 1 Работа постоянной и переменной силы
- 2 Работа силы тяжести. Мощность
- 3 Работа и мощность при вращательном движении и качении
- 4 Коэффициент полезного действия

Список использованных источников:

- 1 Аркуша А.И. Пособие по решению задач по теоретической механике. М: Высшая школа, 1978
- 2 Мовнин М.С. и др. .Основы технической механики: Учебник для технологических немашиностроительных специальностей техникумов и колледжей / М.С. Мовнин , А.Б. Израелит , А.Г. Рубашкин .- 4-е изд.,перераб. и доп.- СПб.: Политехника, 2000. 286 с.
- 3 Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. М: Наука, 1988

1 Работа постоянной и переменной силы

Работа постоянной силы при прямолинейном движении

Если при действии постоянной силы F на точку M ее перемещение Mx = s (рисунок 10.1), то скалярная мера действия силы называется работой и определяется по формуле

$$W = Fs\cos\alpha$$
,

где α - угол между направлением действия силы и направлением перемещения. В СИ работа выражается в джоулях.

Так как джоуль - единица сравнительно небольшая, часто используют

кратные единицы: килоджоули (1 кДж = 10^3 Дж) или мегаджоуль (1 МДж = 10^6 Дж).

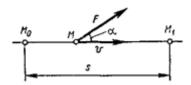


Рисунок 7.1 – Работа постоянной силы при прямолинейном движении

Из формулы видно, что работа - величина алгебраическая. При изменении угла α в пределах $0^{\circ}<\alpha<90^{\circ}$ значение \cos $\alpha>0$. Поэтому если угол α - острый, то работа силы F - положительная. В частном случае, когда направление действия силы совпадает с направлением перемещений

$$\alpha = 0$$
), $\cos \alpha = \cos 0 \circ = 1$

$$W = Fs.$$
(1)

При изменении угла а в пределах $90^{\circ}<\alpha<180^{\circ}$ значение $\cos\alpha<0$. Итак, если угол α - тупой, то работа силы F - отрицательная. При $\alpha=180^{\circ}\cos\alpha=\cos180^{\circ}=-1$

$$W = -Fs. (2)$$

Если работа силы положительна (W> 0), то сила называется движущей, а если – отрицательна (W <0), то - силой сопротивления

Заметим, что при $\alpha=90^\circ$ значение $\cos\alpha=\cos90^\circ=0$ и W=0, т.е. работа силы, направленной перпендикулярно перемещению точки, равняется нулю.

Работа равнодействующей силы

Если на точку действует одновременно несколько сил, то алгебраическая сумма их работ равняется работе равнодействующей силы.

$$W_1 + W_2 + W_3 = W_{\sum} \tag{3}$$

Или в общем случае для любого числа сил

$$\sum W_k = W_{\sum}.$$

Алгебраическая сумма работ уравновешенной системы сил, приложенных к точке, равняется нулю, т.е.

$$\mathbf{F}_{\Sigma} = \mathbf{0}$$
,

и тогда

$$\sum W_k = 0$$

Работа переменной силы на криволинейном пути

Работа силы F на перемещении ds, так называемая элементарная работа,

$$dW = F\cos\alpha ds. \tag{4}$$

Суммировав все элементарные работы переменной силы F, получим ее работу на участке траектории от M_0 к M_1 .

$$W = \int_{M_0}^{M_1} F_t ds. \qquad W = \int_{M_0}^{M_1} F \cos \alpha ds.$$
 (5)

Интегралы в формулах могут быть определены лишь в том случае, если известен закон движения точки.

В тех случаях, когда известна зависимость между касательной составляющей F, и перемещением s точки приложения силы, работа может быть определена графическим способом, (рисунок 7.2).

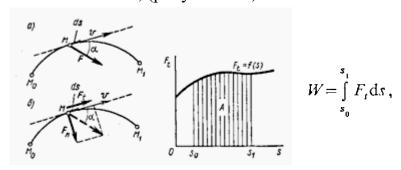


Рисунок 7.2 – Определение работы силы графическим способом

2 Работа силы тяжести. Мощность

Рассмотренные выше три частных случая значений работы силы при α =0 °, α = 180°, α = 90° аналогичные значениям работы силы тяжести . Как известно из физики, работа силы тяжести на зависит от траектории движения точки и всегда равняется произведению силы тяжести на разность высот в исходном и конечном положениях. Если точка М перемещается из положение M_1 у положение M_2 , то при любой траектории точки работа силы тяжести

$$W = Gh = G(h_1 - h_2), \tag{6}$$

где h₁ -начальная высота точки над заданным уровнем на Земле,

 h_2 -конечная высота над тем же уровнем.

Мощность

Скалярная величина, которая характеризует скорость осуществления работы, называется средней мощностью силы.

1 Br = 1
$$\mu / 1 c = \frac{1 \kappa r \cdot m^2/c^2}{1 c} = 1 \frac{\kappa r \cdot m^2}{c^3}$$
.

В СИ мощность выражается в ваттах:

Часто употребляются кратные единицы - киловатт (1 квт = 10^3 Вт) и мегаватт (1 МВт = 10^6 Вт).

$$1 \text{ квт-}1 \text{ ч} = 10^3 \text{ Bt-}3600 \text{ c} = 3,6\text{-}10^6 \text{ Дж}.$$

3 Работа и мощность при вращательном движении и качении

Работа и мощность при вращательном движении

Предположим, что к рукоятке 3 колеса, насаженного на ось Oz, приложена сила F, постоянно направленная перпендикулярно CO = r (рисунок 7.3, a).

Произведение Fr = Mz называется вращающим моментом.

Если при этом момент Mz = const, то

$$W = M_z \varphi \tag{7}$$

Работа при вращении *тела* равняется произведению вращающего момента на угол поворота ф.

Мощность при вращении тела равняется произведению вращающего момента на угловую скорость.

$$P = M_z \omega$$

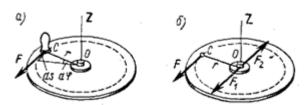


Рисунок 7.3 - Работа и мощность при вращательном движении

При постоянной мощности вращающий момент обратно пропорционален угловой скорости.

$$M_z = \frac{P}{\omega} \tag{8}$$

Работа при качении тел

Трением качения называется сопротивление, которое возникает при перекатывнии тела по поверхности другого. Предположим, что тело 1 и поставленный на него каток 2, радиус которого r, абсолютно недеформированные и местом их столкновения будет перпендикулярная плоскости (рисунок 7.4, а) линия, которая проходит через точку K. Если теперь прибавить k оси катка любую как угодно малую силу k, то она вместе k силой трения приложенной k катку в точке k, образует пару k, под действием которой каток начнет катиться .

На самом деле абсолютно недеформированных тел нет. При перекатывании катка силой F деформация смещается вперед в направлении качения и место для приложения полной реакции R (рисунок 10.4, в) опорной поверхности смещается также несколько вперед на длину I от теоретической точки соприкосновения K і отклоняется от нормали B_{π} на небольшой угол.

Момент пары сопротивления иначе называют моментом трения качения, а величину f - коэффициентом трения качения. Его значение зависит от материала тел и выражается обычно в сантиметрах. Например, для мягкой стали по стали f f = 0,005 см, а для закаленной стали по стали (подшипники качения) f = 0,001 см

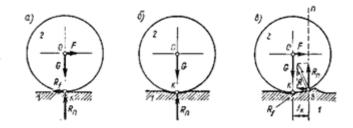


Рисунок 7.4 - Работа и мощность при качении

Необходимая для перекатывания

катка сила
$$F \geqslant \frac{R_n f_{\kappa}}{r}$$
. (9)

Зная силу F, легко найти ее работу при равномерном перекатывании катка

на расстояние
$$s$$
 по формуле: $W = Fs = \frac{R_n f_x s}{r}$. (10)

4 Коэффициент полезного действия

В технике робота сил обычно связана с преодолением разных сопротивлений . Силы сопротивления F_c , которые преодолевает любая машина (механизм), можно разделить на две группы: сопротивления, для преодоления которых машина или механизм и предназначенные и какие условно назовем полезными сопротивлениями $F_{n\ c}$, и так называемые вредные сопротивлению F_B , которые машине (механизма) приходится преодолевать попутно с полезными.

Тогда вся работа, которая осуществляется машиной или механизмом, $W = W_{nc} + W_{BC}$, отсюда $W_{nc} = W - W_{BC}$.

Отношение полезной работы ко всей сделанной работе называется механическим коэффициентом полезного действия (к.п. д.) и обозначается η). Таким образом,

$$\eta = \frac{W_{\text{п.с}}}{W}$$
 или $\eta = \frac{W_{\text{п.с}}}{W}$ 100%.

$$\eta = \frac{W - W_{\text{B.c}}}{W} = 1 - \frac{W_{\text{B.c}}}{W}.$$

$$\eta = P_{\text{g}}/P.$$

В технике распространены случаи работы машин или механизмов при их последовательном соединении один за одним. В таких случаях важно знать зависимость их общего к.п. д. от коэффициентов полезного действия отдельных машин (механизмов).

$$\eta_1 \eta_2 \eta_3 = \frac{W_1}{W} \cdot \frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{W_{\text{n.c}}}{W_2} = \frac{W_{\text{n.c}}}{W}. \tag{12}$$

При последовательном соединении механизмов (машин) их общий к.п.д. равняется произведению отдельных к.п.д.

Контрольные вопросы:

- 1 Как определяется работа постоянной силы при прямолинейном движении?
- 2 Какие единицы измерения работы?
- 3 Как определить знак работы?
- 4 Как определяется работа переменной силы на криволинейном пути?
- 5 Как называется скалярная величина, которая характеризует скорость осуществления работы?
- 6 Как определить общий КПД при последовательном соединении механизмов (машин)?
- 7 Почему КПД наклонной плоскости зависит только от ее угла подъема и коэффициента трения при перемещении груза по плоскости?
- 8 Чему равняется работа при вращении тела?
- 9 Как зависит вращающий момент от угловой скорости вращающегося тела?