РАЗДЕЛ 3. ДИНАМИКА
ЛЕКЦИЯ 13

Тема 1.12. Основные понятия и аксиомы динамики. Понятие о трении

Иметь представление о массе тела и ускорении свободного падения, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения, о двух основных задачах динамики.

Знать аксиомы динамики и математическое выражение основного закона динамики.

Знать зависимости для определения силы трения.

Содержание и задачи динамики

Динамика – раздел теоретической механики, в котором устанавливается связь между движением тел и действующими на них силами.

В динамике решают два типа задач:

– определяют параметры движения по заданным силам;

– определяют силы, действующие на тело, по заданным кинематическим параметрам движения.

При поступательном движении все точки тела движутся одинаково, поэтому тело можно принять за материальную точку.

Если размеры тела малы по сравнению с траекторией, его тоже можно рассматривать как материальную точку, при этом точка совпадает с центром тяжести тела.

При вращательном движении тела точки могут двигаться неодинаково, в этом случае некоторые положения динамики можно применять только к отдельным точкам, а материальный объект рассматривать как совокупность материальных точек.

Поэтому динамику делят на динамику точки и динамику материальной системы.

Аксиомы динамики

Законы динамики обобщают результаты многочисленных опытов и наблюдений. Законы динамики, которые принято рассматривать как аксиомы, были сформулированы Ньютоном, но первый и четвертый законы были известны Галилею. Механику, основанную на этих законах, называют классической механикой.

Первая аксиома (принцип инерции)

Всякая изолированная материальная точка находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока приложенные силы не выведут ее из этого состояния.

Это состояние называют состоянием инерции. Вывести точку из этого состояния, т.е. сообщить ей некоторое ускорение, может внешняя сила.

Всякое тело (точка) обладает *инертностью.* Мерой инертности является масса тела.

Массой называют *количество вещества в объеме тела,* в классической механике ее считают величиной постоянной. Единица измерения массы – килограмм (кг).

Вторая аксиома (второй закон Ньютона – основной закон динамики)
Зависимость между силой, действующей на материальную точку, и сообщаемым ею ускорением следующая:

$$F = ma,$$

где m – масса точки, кг; a – ускорение точки, м/с^2.
Ускорение, сообщенное материальной точке силой, пропорционально величине силы и совпадает с направлением силы.
Основной закон динамики в дифференциальной форме:

$$F = m\frac{d^2S}{dt^2}, \quad \text{т.к.} \quad a = \frac{d^2S}{dt^2} = \frac{dv}{dt}.$$

На все тела на Земле действует сила тяжести, она сообщает телу ускорение свободного падения, направленное к центру Земли:

$$G = mg,$$

где g **= 9,81** м/с^2, ускорение свободного падения.

Третья аксиома (третий закон Ньютона) *Силы взаимодействия двух тел равны по величине и направлены по одной прямой в разные стороны* (рис. 13.1):

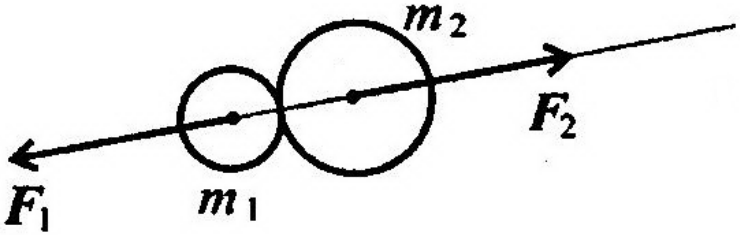


Рис. 13.1

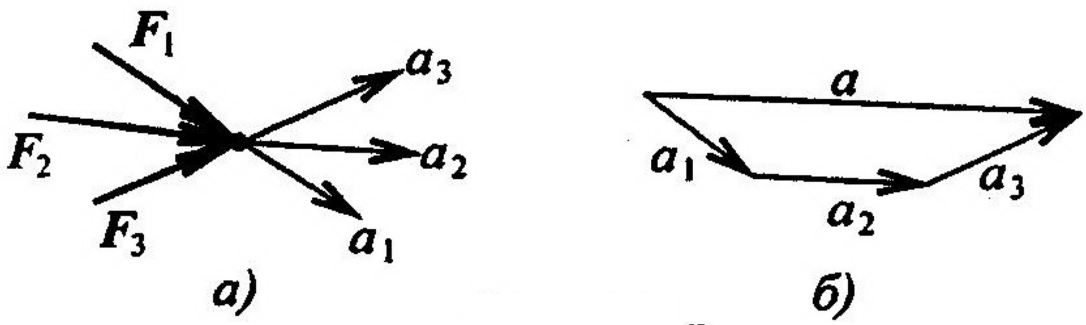
$$F_1 = F_2; \quad F_1 = m_1a_1; \quad F_2 = m_2a_2.$$

Откуда

$$m_1a_1 = m_2a_2 \quad \text{или} \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}.$$

При взаимодействии ускорения обратно пропорциональны массам.

Четвертая аксиома (закон независимости действия сил) Каждая сила системы сил действует так, как она действовала бы одна.
Ускорение, сообщаемое точке системой сил, равно геометрической сумме ускорений, сообщенных точке каждой силой в отдельности (рис. 13.2):



$$F_{\Sigma} = ma; \quad a = \sum_{0}^{n} a_k.$$

Рис. 13.2

Понятие о трении. Виды трения

Трение – сопротивление, возникающее при движении одного шероховатого тела по поверхности другого. При скольжении тел возникает трение скольжения, при качении – трение качения. Природа сопротивлений движению в разных случаях различна.

Трение скольжения

Причина – механическое зацепление выступов. Сила сопротивления движению при скольжении называется ***силой трения скольжения*** (рис. 13.3, а).

Законы трения скольжения:

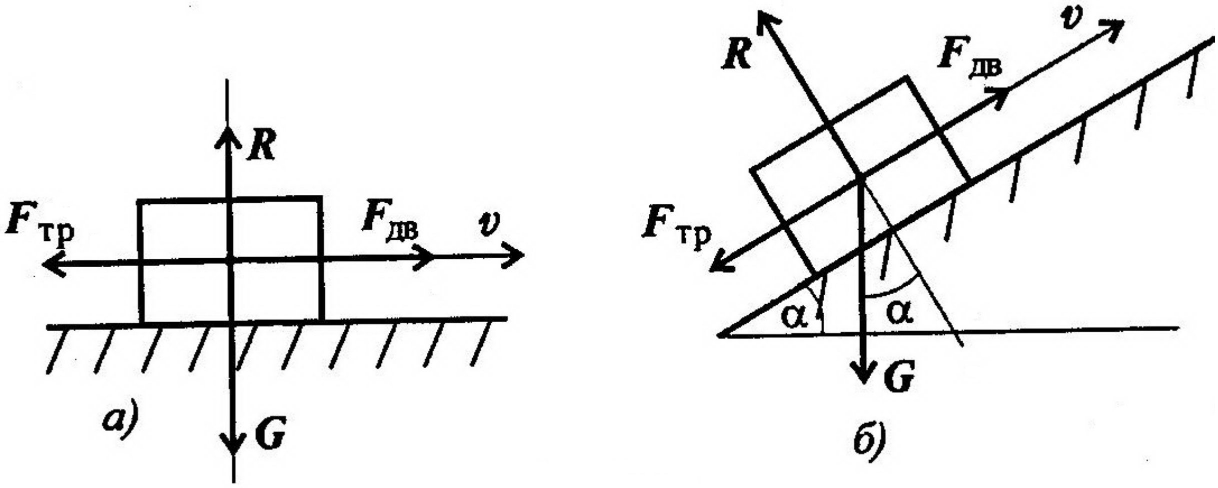
1. Сила трения скольжения прямо пропорциональна силе нормального давления:

$$F_{\text{тр}} = F_f = fR,$$

где R – сила нормального давления, направлена перпендикулярно опорной поверхности;

f – коэффициент трения скольжения.

В случае движения тела по наклонной плоскости (рис. 13.3, б)



$$R = G\cos\alpha,$$

где α – угол наклона плоскости к горизонту.

Сила трения всегда направлена в сторону, обратную направлению движения.

2. Сила трения меняется от нуля до некоторого максимального значения, называемого силой трения покоя (статическое трение):

$$0 < F_f \leqslant F_{f0},$$

F_{f0} – ***статическая*** сила трения (сила трения покоя).

3. Сила трения при движении меньше силы трения покоя. Сила трения при движении называется ***динамической*** силой трения *(*F_f*)*:

$$F_f \leqslant F_{f0}.$$

Поскольку сила нормального давления, зависящая от веса и направления опорной поверхности, не меняется, то различают **статический** и **динамический коэффициенты трения**:

$$F_f = fR; \quad F_{f0} = f_0 R.$$

Коэффициент трения скольжения зависит от следующих факторов:

– от материала: материалы делятся на *фрикционные* (с большим коэффициентом трения) и *антифрикционные* (с малым коэффициентом трения), например f = 0,14 – 0,15 (при скольжении стали по стали всухую), f = 0,2 – 0,3 (при скольжении стали по текстолиту);

– от наличия смазки, например f = 0,04 – 0,05 (при скольжении стали по стали со смазкой);

– от скорости взаимного перемещения.

Трение качения

Сопротивление при качении связано с взаимной деформацией грунта и колеса и значительно меньше трения скольжения.

Обычно считают грунт мягче колеса, тогда в основном деформируется грунт, и в каждый момент колесо должно перекатываться через выступ грунта. Для равномерного качения колеса необходимо прикладывать силу $F_{дв}$ (рис. 13.4).

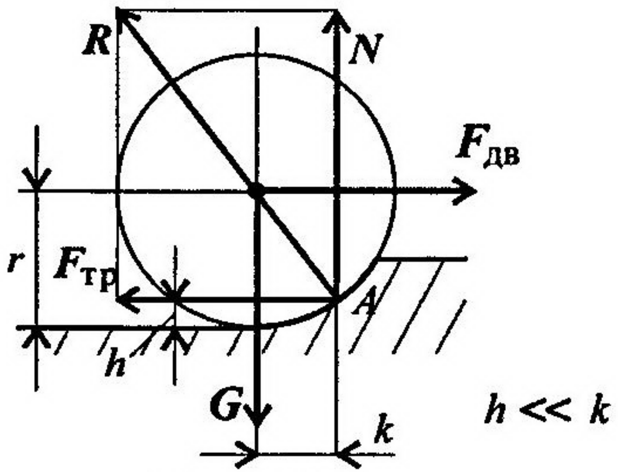


Рис. 13.4

Условие качения колеса состоит в том, что движущийся момент должен быть не меньше момента сопротивления:

$$F_{\text{дв}} r \geqslant Nk;$$

$$N = G; \quad F_{\text{дв}} \geqslant k\frac{G}{r},$$

где $\boldsymbol{k}$ — максимальное значение плеча (половина колеи) принимается за коэффициент трения качения, размерность – сантиметры.

Ориентировочные значения $\boldsymbol{k}$ (определяются экспериментально):

сталь по стали – $\boldsymbol{k} = \mathbf{0{,}005}$ см; резиновая шина по шоссе – $\boldsymbol{k} = \mathbf{0{,}24}$ см.

Примеры решения задач

Пример 1. Свободная материальная точка, масса которой 5 кг, движется согласно уравнению $S = 0{,}48t^2 + 0{,}2t.$ Определить величину движущей силы.

Решение

1.Ускорение точки: $a = v' = S''$; $v = S' = 0{,}96t + 0{,}2;$.

$a = v' = 0{,}96\,\text{м/с}^2.$

2.Действующая сила согласно основному закону динамики $F = ma$; $F = 5 \cdot 0{,}96 = 4{,}8\,\text{Н}.$

Пример 2. К двум материальным точкам массой $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 5$ кг приложены одинаковые силы. Сравнить величины ускорений.

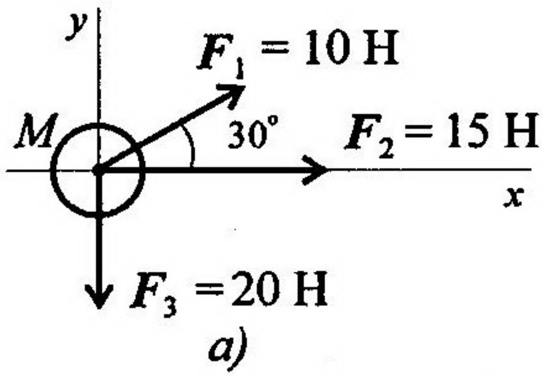
Решение

Согласно третьей аксиоме динамики ускорения обратно пропорциональны массам:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{5}{2} = 2{,}5; \quad a_1 = 2{,}5a_2.$$

Пример 3. На материальную точку действует система сил (рис. 13.5). Определить числовое значение ускорения, полученного материальной точкой $\boldsymbol{m} = \mathbf{7}$ кг. Остальные данные представлены на чертеже.

Решение



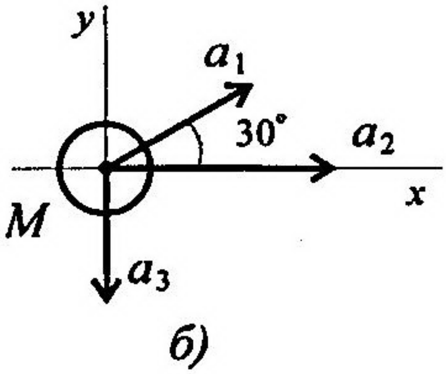


Рис. 13.5

1-й вариант.

1. Определяем суммарную силу, действующую на точку:

$$\sum_0^n F_{kx} = 15 + 10 \cdot \cos 30° = 15 + 10 \cdot 0{,}866 = 23{,}66 \text{ Н};$$

$$\sum_0^n F_{ky} = 10 \cdot \cos 60° - 20 = -15 \text{ Н};$$

$$F_\Sigma = \sqrt{23{,}66^2 + 15^2} = 28 \text{ Н}.$$

2. Определяем ускорение, сообщенное точке:

$$a_\Sigma = \frac{28}{7} = 4 \text{ м/с}^2.$$

2-й вариант.

Определяем ускорения от каждой из сил системы (рис. 13.5 б):

$$a_1 = \frac{10}{7} = 1{,}43 \text{ м/с}^2; \; a_2 = \frac{15}{7} = 2{,}14 \text{ м/с}^2; \; a_3 = \frac{20}{7} = 2{,}86 \text{ м/с}^2.$$

2. Определяем суммарное ускорение:

$$\sum_0^n a_x = 1{,}43 \cdot 0{,}866 + 2{,}14 = 3{,}38 \text{ м/с}^2;$$

$$\sum_0^n a_y = 1{,}43 \cdot 0{,}5 + (-2{,}86) = -2{,}14 \text{ м/с}^2;$$

$$a_\Sigma = \sqrt{3{,}38^2 + 2{,}14^2} = 4 \text{ м/с}^2.$$

Контрольные вопросы и задания

1.Что называют массой тела? Назовите единицу измерения массы в системе СИ.
2.Что является мерой инертности тела?
3.Запишите основной закон динамики в векторной и дифференциальной форме.

4.На материальную точку действует постоянная сила. Как движется точка?
5.Какое ускорение получит точка, если на нее действует сила, равная удвоенной силе тяжести?
6.После столкновения двух материальных точек с массами $m_1 = 6$ **кг и** $m_2 = 24$ **кг** первая точка получила ускорение 1,6 м/с.
Чему равно ускорение, полученное второй точкой?
7.В чем заключается принцип независимости действия сил?
8.Перечислите законы трения скольжения.
9.Перечислите факторы, влияющие на величину коэффициента трения скольжения.
10. Тело движется по наклонной плоскости вверх (рис. 13.6). Масса тела 10 кг, коэффициент трения 0,2. Определите возникающую силу трения.

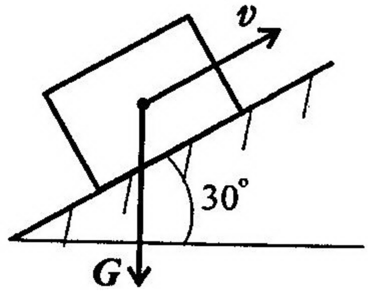


Рис. 13.6

ЛЕКЦИЯ 15

Тема 1.14. Работа и мощность

Иметь представление о работе силы при прямолинейном и криволинейном перемещениях, о мощности полезной и затраченной, о коэффициенте полезного действия.
Знать зависимости для определения силы трения, формулы для расчета работы и мощности при поступательном и вращательном движениях.
Уметь рассчитывать работу и мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

Работа

Для характеристики, действия силы на некотором перемещении точки ее приложения вводят понятие «работа силы».
Работа служит мерой действия силы, работа – скалярная величина.

Работа постоянной силы на прямолинейном пути

Работа силы в общем случае численно равна произведению модуля силы на длину пройденного пути и на косинус угла между направлением силы и направлением перемещения (рис. 15.1):

$$W = FS\cos\alpha.$$

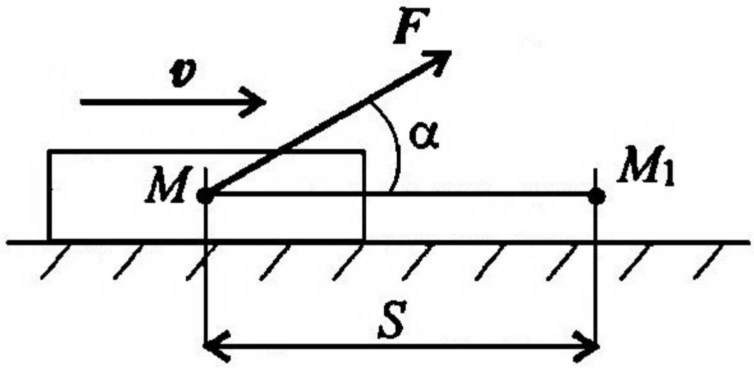


Рис. 15.1

Единицы измерения работы:

1 Дж (джоуль)= 1 Н·м; 1 кДж (килоджоуль) = 10^3 Дж.

Рассмотрим частные случаи.

1. Силы, совпадающие с направлением перемещения, называются движущими силами. Направление вектора силы совпадает с направлением перемещения (рис. 15.2).

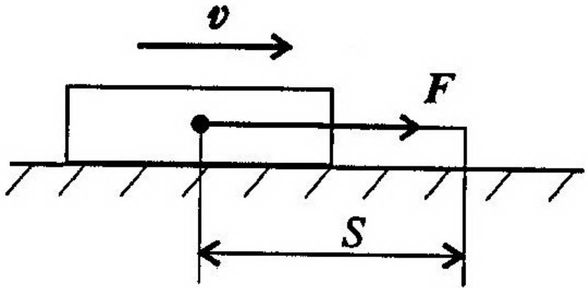


Рисунок 15.2

В этом случае $\boldsymbol{\alpha = 0° \ (\cos \alpha = 1)}$. Тогда $\boldsymbol{W = FS > 0}$.

2. Силы, перпендикулярные направлению перемещения, работы не производят (рис. 15.3).

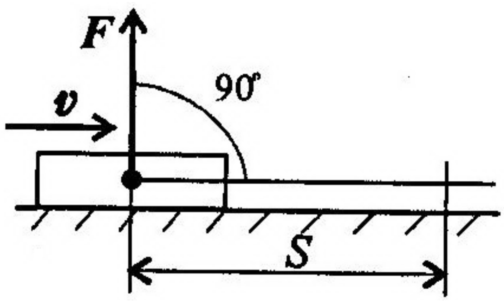


Рисунок 15.3

Сила $\boldsymbol{F}$ перпендикулярна направлению перемещения, $\boldsymbol{\alpha = 90° \ (\cos \alpha = 0); \ W = 0}$.

3. Силы, направленные в обратную от направления перемещения сторону, называются **силами сопротивления** (рис. 15.4).

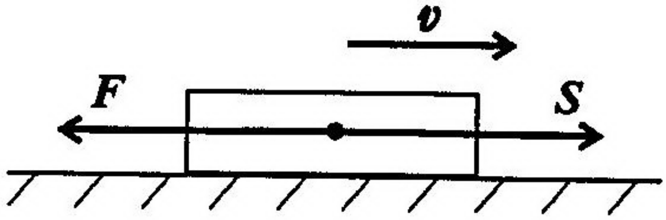


Рисунок 15.4

Сила $\boldsymbol{F}$ направлена в обратную от перемещения $\boldsymbol{S}$ сторону.
В этом случае, $\boldsymbol{\alpha = 180° (\cos \alpha = -1)}$, следовательно, $\boldsymbol{W = - FS < 0}$.
Движущие силы увеличивают модуль скорости, силы сопротивления уменьшают скорость.
Таким образом, работа может быть положительной и отрицательной в зависимости от направления силы и скорости.

Работа постоянной силы на криволинейном пути

Пусть точка $\boldsymbol{M}$ движется по дуге окружности и сила $\boldsymbol{F}$ составляет некоторый угол $\boldsymbol{\alpha}$ с касательной к окружности (рис. 15.5).

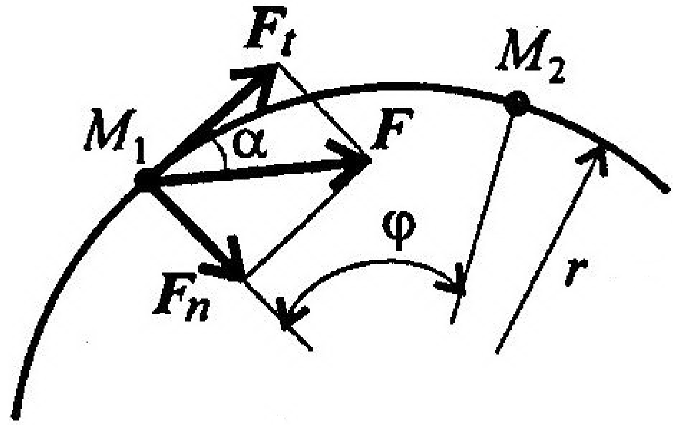


Рис. 15.5

Вектор силы можно разложить на две составляющие: $\boldsymbol{F = F_t + F_n}$.
Используя принцип независимости действия сил, определим работу каждой из составляющих силы отдельно:

$$W(F_t) = F_t\Delta\breve{S}; \qquad W(F_n) = F_n\Delta\breve{S},$$

где $\Delta\breve{S} = M_1\breve{}M_2$ – пройденный путь.

$$\Delta\breve{S} = \varphi r.$$

Нормальная составляющая силы $\boldsymbol{F_n}$ всегда направлена перпендикулярно перемещению и, следовательно, работы не производит: $\boldsymbol{W(Fn) = 0}$.
При перемещении по дуге обе составляющие силы разворачиваются вместе с точкой $\boldsymbol{M}$. Таким образом, касательная составляющая силы всегда совпадает по направлению с перемещением.
Будем иметь: $\boldsymbol{W(Ft) = Ft\varphi r}$.
Касательную силу $\boldsymbol{Ft}$ обычно называют ***окружной силой***.
Работа при криволинейном пути – это работа окружной силы:

$$W(F) = W(F_t).$$

Произведение окружной силы на радиус называют ***вращающим моментом***:

$$M_{\text{вр}} = F_t r.$$

Работа силы, приложенной к вращающемуся телу, равна произведению вращающего момента на угол поворота:

$$W(F) = M_{\text{вр}}\varphi.$$

Работа силы тяжести

Работа силы тяжести зависит только от изменения высоты и равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки (рис. 15.6):

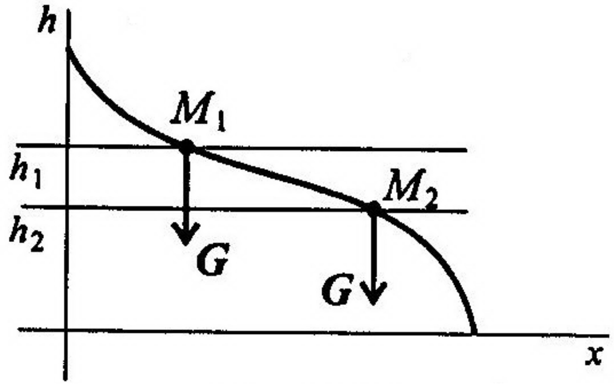


Рисунок 15.6

$$W(G) = G(h_1 - h_2) = G\Delta h,$$

где Δh, – изменение высоты.

При опускании работа положительна, при подъеме отрицательна.

Работа равнодействующей силы

Под действием системы сил точка массой m перемещается из положения M_1 в положение M_2 (рис. 15.7).

В случае движения под действием системы сил пользуются теоремой о работе равнодействующей.

Работа равнодействующей на некотором перемещении равна алгебраической сумме работ системы сил на том же перемещении.

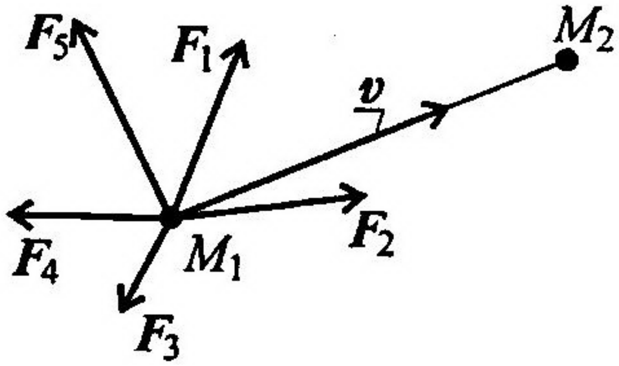


Рис. 15.7

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 + F_3 + \cdots + F_n.$$

Работа равнодействующей силы

$$W(F_\Sigma) = \sum_0^n W(F_k).$$

Примеры решения задач

Пример 1. Тело массой 200 кг поднимают по наклонной плоскости (рис. 15.8).

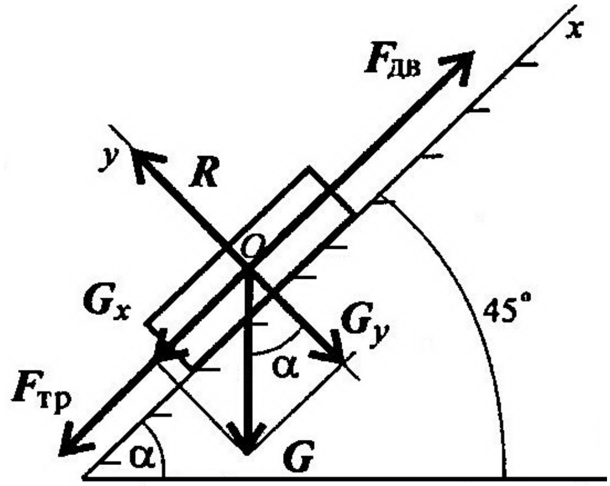


Рис. 15.8

Определите работу при перемещении на 10 м с постоянной скоростью. Коэффициент трения тела о плоскость $f = 0{,}15$.

Решение

1. При равномерном подъеме движущая сила равна сумме сил сопротивления движению. Наносим на схему силы, действующие на тело:

$$F_{дв} = R + F_{тр} + G;$$

$$R = G_y = G\cos\alpha;\ \alpha = 45°;\quad F_{тр} = fR = fG\cos\alpha;$$

$$\sum_0^n F_{kx} = 0;\quad F_{дв} = G_x + F_{тр}.$$

2. Используем теорему о работе равнодействующей:

$$W(F_{дв}) = W(R) + W(F_{тр}) + W(G);$$

$$W(R) = 0;\ W(G) = W(G_x).$$

3. Подставляем входящие величины и определяем работу по подъему:

$$W(F_{дв}) = F_{тр}\Delta S + G_x\Delta S;\quad G = mg.$$

$$W(F_{дв}) = fG\cos\alpha\Delta S + G\sin\alpha\Delta S;\quad \Delta S = 10\,\text{м},\quad \alpha = 45°;$$

Выносим за скобки $G = mg$ и ΔS, получим:

$$W(F_{дв}) = mg\Delta S(f\cos\alpha + \sin\alpha);$$

$$W(F_{дв}) = 200 \cdot 9{,}81 \cdot 10(0{,}15 \cdot 0{,}7 + 0{,}7);$$
$$W(F_{дв}) = 15\,794 \text{ Дж}.$$

Пример 2. Определите работу силы тяжести при перемещении груза из точки ***A*** в точку ***C*** по наклонной плоскости (рис. 15.9). Сила тяжести тела 1500 Н. ***AB*** = 6 м, ***BC*** = 4 м.

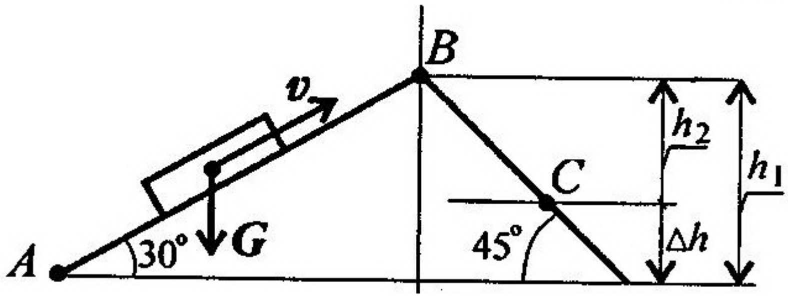


Рис.15.9

Решение

1. Работа силы тяжести зависит только от изменения высоты груза. Изменение высоты при перемещении из точки ***A*** в ***C***:

$$\Delta h = h_1 - h_2;$$
$$\Delta h = AB\sin 30° - BC\sin 45°;$$
$$\Delta h = 6 \cdot 0{,}5 - 4 \cdot 0{,}7 = 0{,}2 \text{ м}.$$

2. Работа силы тяжести:

$$W(G) = G\Delta h = 1500 \cdot 0{,}2 = 300 \text{ Дж}.$$

Пример 3. Определите работу силы резания за 3 мин. Скорость вращения детали 120 об/мин, диаметр обрабатываемой детали 40 мм, сила резания 1 кН (рис. 15.10).

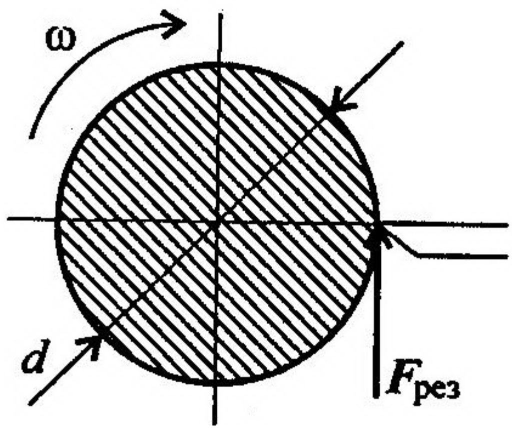


Рис. 15.10

Решение

1. Работа при вращательном движении $$W = F_{рез}\frac{d}{2}\varphi,$$

где $F_{рез}$ – сила резания.

2. Угловая частота вращения 120 об/мин.

3. Число оборотов за заданное время составляет **z** = 120·3 = 360 об.

Угол поворота за это время

$$\varphi = 2\pi z.\ \varphi = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 360 = 2261\ \text{рад.}$$

4. Работа за 3 мин

$$W_р = 1 \cdot 0{,}02 \cdot 2261 = 45{,}2\ \text{кДж.}$$

Контрольные вопросы и задания

1. Какие силы называют движущими?
2. Какие силы называют силами сопротивления?
3. Запишите формулы для определения работы при поступательном и вращательном движениях.
4. Какую силу называют окружной? Что такое вращающий момент?
5. Сформулируйте теорему о работе равнодействующей.

ЛЕКЦИЯ 16

Тема 1.14. Работа и мощность. Коэффициент полезного действия

Иметь представление о мощности при прямолинейном и криволинейном перемещениях, о мощности полезной и затраченной, о коэффициенте полезного действия.

Знать зависимости для определения мощности при поступательном и вращательном движениях, КПД.

Уметь рассчитать мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

Мощность

Для характеристики работоспособности и быстроты совершения работы введено понятие мощности.

Мощность – работа, выполненная в единицу времени:

$$P = \frac{W}{t}.$$

Единицы измерения мощности: ватты, киловатты,

$$1\,\frac{\text{Н·м}}{\text{с}} = 1\,\text{Вт};\ 10^3\,\text{Вт} = 1\,\text{кВт}.$$

Мощность при поступательном движении (рис. 16.1)

$$P = \frac{FS\cos\alpha}{t}.$$

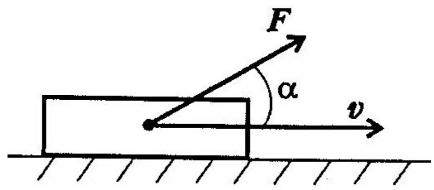


Рис. 16.1

Учитывая, что $\frac{S}{t} = v_{\text{ср}},$ получим

$$P = Fv_{\text{ср}}\cos\alpha,$$

где $\boldsymbol{F}$ – модуль силы, действующей на тело; $\boldsymbol{v_{cp}}$ – средняя скорость движения тела.
Средняя мощность при поступательном движении равна произведению модуля силы на среднюю скорость перемещения и на косинус угла между направлениями силы и скорости.

Мощность при вращении (рис. 16.2)
Тело движется по дуге радиуса из точки $\boldsymbol{M}1$ в точку $\boldsymbol{M}2$.

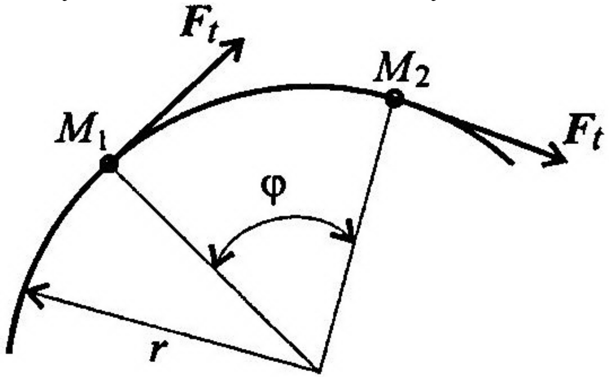


Рис.16.2

$$\breve{M_1M_2} = \varphi r.$$

Работа силы:

$$W = M_{\text{вр}}\varphi, \qquad M_{\text{вр}} = F_t r,$$

где $M_{\text{вр}}$ – вращающий момент.
Мощность:

$$P = \frac{M_{\text{вр}}\varphi}{t}.$$

Учитывая, что $\frac{\varphi}{t} = \omega_{\text{ср}},$ получим $P = M_{\text{вр}}\omega_{\text{ср}},$
где $\omega_{\text{ср}}$ – средняя угловая скорость.
Мощность силы при вращении равна произведению вращающего момента на среднюю угловую скорость.
Если при выполнении работы усилие машины и скорость движения меняются, можно определить мощность в любой момент времени, зная значения усилия и скорости в данный момент.

Коэффициент полезного действия

Каждая машина и механизм, совершая работу, тратит часть энергии на преодоление вредных сопротивлений.

Таким образом, машина (механизм) кроме полезной работы совершает еще и дополнительную работу.

Отношение полезной работы к полной работе или полезной мощности ко всей затраченной мощности называется коэффициентом полезного действия (КПД):

$$\eta = \text{КПД} = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}}.$$

Полезная работа (мощность) расходуется на движение с заданной скоростью и определяется по формулам:

$$W = FS\cos\alpha, \quad P = Fv\cos\alpha;$$

$$W = M_{\text{вр}}\varphi, \quad P = M_{\text{вр}}\omega.$$

Затраченная мощность больше полезной на величину мощности, идущей на преодоление трения в звеньях машины, на утечки и тому подобные потери.

Чем выше КПД, тем совершеннее машина.

Примеры решения задач

Пример 1. Определить потребную мощность мотора лебедки для подъема груза весом 3 кН на высоту 10 м за 2,5 с (рис. 16.3). КПД механизма лебедки 0,75.

Решение

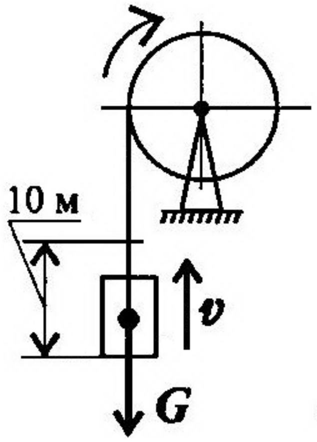


Рис. 16.3

1. Мощность мотора используется на подъем груза с заданной скоростью и преодоление вредных сопротивлений механизма лебедки.

Полезная мощность определяется по формуле $P = Fv\cos\alpha$. В данном случае $\alpha = 0$; груз движется поступательно.

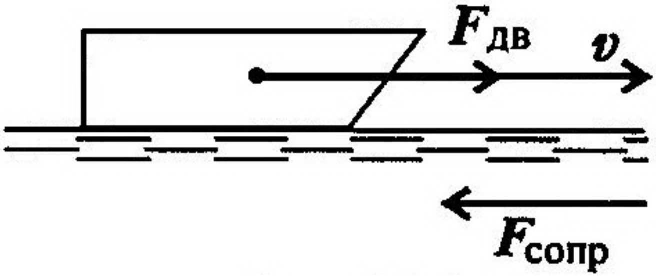
2. Скорость подъема груза

$$v = \frac{S}{t}; \ v = \frac{10}{2{,}5} = 4 \text{ м/с}.$$

3. Необходимое усилие равно весу груза (равномерный подъем).
4. Полезная мощность $P = 3000 \cdot 4 = 12\,000$ ***Вт***.
5. Полная мощность, затрачиваемая мотором,

$$P_{мотора} = \frac{P}{\eta}. \ P_{мотора} = \frac{12}{0{,}75} = 16 \text{ кВт}.$$

Пример 2. Судно движется со скоростью 56 км/ч (рис. 16.4). Двигатель развивает мощность 1200 кВт. Определить силу сопротивления воды движению судна. КПД машины 0,4.



Решение

1. Определяем полезную мощность, используемую на движение с заданной скоростью:

$$P = F_{дв} v \cos \alpha.$$

$$\eta = \frac{P}{P_{мотора}}; \quad P = P_{мотора}\eta; \quad P = 1200 \cdot 0{,}4 = 480 \text{ кВт}.$$

2. По формуле для полезной мощности можно определить движущую силу судна с учетом условия $\alpha = 0$. При равномерном движении движущая сила равна силе сопротивления воды: $F_{дв} = F_{сопр}$.

3. Скорость движения судна $v = \frac{36 \cdot 1000}{3600} = 10$ м/с.

4. Сила сопротивления воды $F_{сопр} = \frac{P}{v}; \quad F_{сопр} = \frac{480\,000}{10} = 48\,000$ Н.

Сила сопротивления воды движению судна $F_{сопр} = \mathbf{48}$ кН.

Пример 3. Точильный камень прижимается к обрабатываемой детали с силой 1,5 кН (рис. 16.5). Какая мощность затрачивается на обработку детали, если коэффициент трения материала камня о деталь 0,28; деталь вращается со скоростью 100 об/мин, диаметр детали 60 мм.

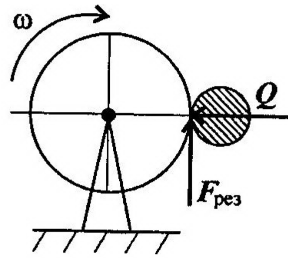


Рис. 16.5

Решение

1. Резание осуществляется за счет трения между точильным камнем и обрабатываемой деталью:

$$F_{рез} = F_{тр} = fQ; \quad F_{тр} = 0{,}28 \cdot 1{,}5 = 0{,}42\,\text{кН}.$$

2. Момент силы резания

$$M = F_{тр}\frac{d}{2}; \; M = 420 \cdot 0{,}03 = 12{,}6\,\text{Н·м}.$$

3. Угловая скорость вращения детали

$$\omega = \frac{3{,}14 \cdot 100}{30} = 10{,}47\,\text{рад/с}.$$

4. Мощность, необходимая для обработки детали:

$$P = M\omega; \qquad P = 12{,}6 \cdot 10{,}47 = 132\ \text{Вт}.$$

Контрольные вопросы и задания

1. Запишите формулы для расчета работы при поступательном и вращательном движениях.
2. Вагон массой 1000 кг перемещают по горизонтальному пути на 5 м, коэффициент трения 0,15. Определите работу силы тяжести.
3. Колодочным тормозом останавливают барабан после отключения двигателя (рис. 16.6). Определите работу торможения за 3 оборота, если сила прижатия колодок к барабану 1 кН, коэффициент трения 0,3.

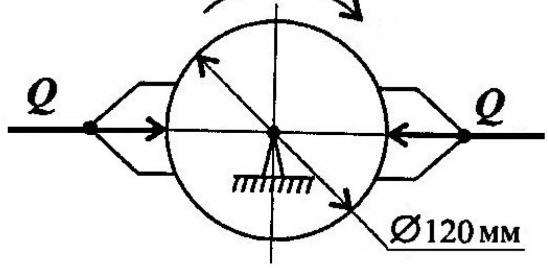


Рис.16.6

4. Натяжение ветвей ременной передачи S_1 = 700 Н, S_2 = 300 Н (рис. 16.7). Определите вращающий момент передачи.

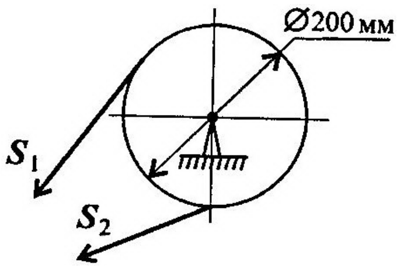


Рис. 16.7

5. Запишите формулы для расчета мощности при поступательном и вращательном движениях.
6. Определите мощность, необходимую для подъема груза весом 0,5 кН на высоту 10 м за 1 мин.
7. Определите общий КПД механизма, если при мощности двигателя 12,5 кВт и общей силе сопротивления движению 2 кН скорость движения 5 м/с.
8. Ответьте на вопросы тестового задания.

Тема 1.14. Динамика. Работа и мощность

Вопросы	Ответы	Код
1. Вагон массой 680 кг катится равномерно по горизонтальному пути и проходит 15 м. Чему равна работа силы тяжести?	10200Дж	1
	100062 Дж	2
	0	3
	125000 Дж	4

Продолжение

Вопросы	Ответы	Код
2. Мощность токарного станка 1,5 кВт. Обточка детали производится за 3 мин. КПД станка 0,8. Определить работу, совершаемую при обточке.	270 кДж	1
	216 кДж	2
	4500 Дж	3
	3600 Дж	4
3. Определить потребную мощность станка для обработки детали диаметром 300 мм при угловой частоте вращения 120 об/мин и силе резания 1 кН. КПД станка 0,85.	1,884 кВт	1
	2,216 кВт	2
	4,5 кВт	3
	18 кВт	4
4. Определить вращающий момент на валу электродвигателя при мощности 8 кВт и угловой скорости 100 рад/с. КПД двигателя 0,8.	80Н-М	1
	64Н-м	2
	46Н-м	3
	Верный ответ не приведен	4
5. Определить потребную мощность мотора лебедки для подъема груза 3,6 кН на высоту 120 м за 1 мин.	2,59 кВт	1
	43,2 кВт	2
	7,2 кВт	3
	27,3 кВт	4

ЛЕКЦИЯ 17

Тема 1.15. Общие теоремы динамики

Иметь представление о понятиях «импульс силы», «количество движения?», «кинетическая энергия?»; о системе материальных точек, о внутренних и внешних силах системы.

Знать основные теоремы динамики, основные уравнения динамики при поступательном и вращательном движениях твердого тела, формулы для расчета моментов инерции некоторых однородных твердых тел.

Уметь определять параметры движения с помощью теорем динамики.

Теорема об изменении количества движения

Количеством движения материальной точки называется векторная величина, **равная произведению массы точки на ее скорость** $\boldsymbol{mv}$.

Вектор количества движения совпадает по направлению с вектором скорости. Единица измерения $[mv]$ = *кг-м/с.*

Произведение постоянного вектора силы на некоторый промежуток времени, в течение которого действует эта сила, называется **импульсом силы** $\boldsymbol{Ft}$.

Вектор импульса силы по направлению совпадает с вектором силы. $[\boldsymbol{Ft}]$

$$[Ft] = \text{Н} \cdot \text{с} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с} = \text{кг} \cdot \text{м/с}.$$

Использовав основное уравнение динамики, после преобразования можно получить соотношение между количеством движения и импульсом силы (рис. 17.1).

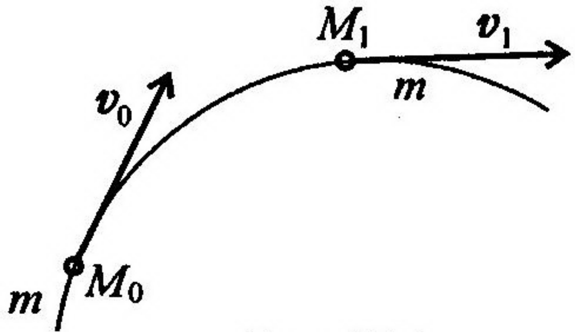


Рис. 17.1

$$\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}; \quad \boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \boldsymbol{v}'.$$

$$\boldsymbol{F} = m\frac{d\boldsymbol{v}}{dt}. \qquad \boldsymbol{F}\,dt = m d\boldsymbol{v}.$$

Проинтегрируем обе части равенства: