

Таким образом, окончательный ответ данной задачи определяется по формуле

$$V > \frac{2R-r}{R-r} \sqrt{\frac{g(R-r)}{\mu}} \approx 3,5 \text{ м / с}$$

11 класс.

1. Мощность тока в цепи двигателя IU (I -сила тока в цепи двигателя, U - напряжение контактной цепи) равна сумме механической мощности βv^2 (v - скорость движения трамвая, βv - сила сопротивления), затрачиваемой на преодоление сил сопротивления, и мощности джоулевых тепловых потерь $I^2 R$ (R - полное электрическое сопротивление цепи двигателя):

$$IU = \beta v^2 + I^2 R. \quad (1)$$

Заметим, что слагаемое βv^2 равно произведению силы тока на ЭДС индукции, возникающей в якоре электродвигателя при его вращении.

Выразим полезную мощность $P = \beta v^2$ из уравнения (1):

$$\beta v^2 = IU - I^2 R. \quad (2)$$

Из вида зависимости $P(I)$ следует, что полезная мощность достигает максимального значения при $I = \frac{U}{2R}$, причем $P_{\max} = \frac{U^2}{4R}$.

При движении трамвая со скоростью v_0 , меньшей максимальной скорости, выполняется соотношение

$$\beta v_0^2 = I_0 U - I_0^2 R, \quad (3)$$

а при движении с максимальной скоростью справедливо

$$\beta v_{\max}^2 = \frac{U^2}{4R}. \quad (4)$$

Решив уравнения (3)-(4), определим сопротивление цепи

$$R = \frac{U}{2I_0} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{v_{\max}^2}} \right). \quad (5)$$

Два решения соответствуют тому, что полезная мощность квадратично зависит от силы тока (см. уравнение (2)), следовательно, ее одно и то же значение может быть достигнуто при двух значениях сопротивления цепи..

При остановке трамвая сила тока в цепи двигателя станет равной

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2I_0}{I \pm \sqrt{I^2 - \frac{v_0^2}{v_{max}^2}}}.$$

Два рассчитанных по этой формуле значения силы тока равны 600 A и 32 A . Для выбора одного из значений рассчитаем по формуле (4) максимальную мощность, достигаемую при данных значениях сопротивления и напряжения в цепи. Получаем 99 кВт при напряжении 660 В и токе 600 А и $5,3\text{ кВт}$ при 660 В и токе 32 А . Очевидно, что реальным является первое значение мощности трамвая, а следовательно, и первое значение силы тока, т.е. 600 А .

Ответ : $I = 600\text{ A}$

2. Рассмотрим внешние силы, действующие на пластинку номер k , расположенную на расстоянии x_k от оси вращения. Помимо силы тяжести mg , на нее действует со стороны магнитного поля сила Ампера $F = IBl$. Условие равновесия обоймы сводится к равенству суммарных моментов сил тяжести и сил Ампера

$$\sum_k mgx_k \sin \alpha = \sum_k I_k B l x_k \cos \alpha. \quad (1)$$

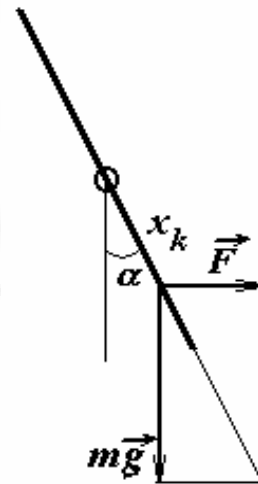
Так как пластинки одинаковы и соединены параллельно, а внутреннее сопротивление источника значительно превышает сопротивление пластинок, то сила тока через каждую пластинку может быть найдена по формуле

$$I_k = \frac{\varepsilon}{nr}, \quad (2)$$

где n - общее число вложенных пластинок.

Из уравнений (1)-(2) находим положение равновесия

$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varepsilon B l}{n r m g}}. \quad (3)$$



3. Вычислим силу взаимодействия между двумя атомами как функцию расстояния между ними

$$f = -U' = \frac{12a}{r^{13}} - \frac{6b}{r^7}. \quad (1)$$

Положению равновесия соответствует нулевая сила взаимодействия (или, что равносильно, минимум потенциальной энергии). Поэтому