

Витебск 1990 г. (Решения)

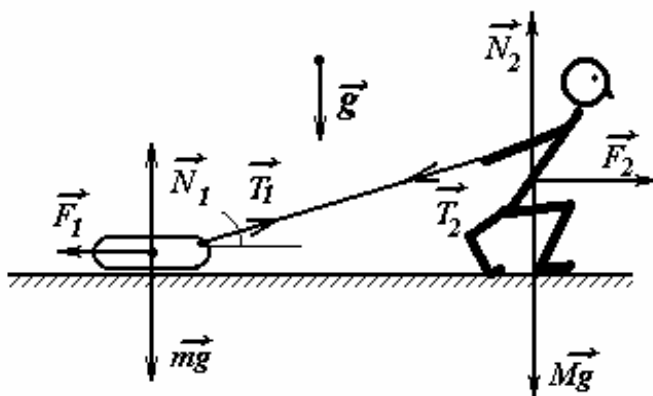
9-1. Если попытаться тянуть сани горизонтально, то у нас ничего не получится: сила трения, удерживающая сани на льду ($F_1 = \mu_1 Mg = 196 \text{ Н}$) слишком велика для того, чтобы человек мог их сдвинуть

($F_2 = \mu_2 Mg = 176 \text{ Н}$) –

он начнет проскальзывать раньше.

Однако если тянуть нить не горизонтально, а под некоторым углом α к горизонту, то выполнение условий задачи возможно, т.к. при этом уменьшается

вес саней и увеличивается вес человека. Таким образом:



$$\left. \begin{aligned} \mu_1 N_1 &= \mu_1 (Mg - T \sin \alpha) = T \cos \alpha \\ \mu_2 N_2 &= \mu_2 (Mg - T \sin \alpha) = T \cos \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ – сила натяжения веревки, μ_1 и μ_2 , N_1 и N_2 – соответственно коэффициенты трения и силы реакции, относящиеся к саням и человеку.

Из (1) следует:

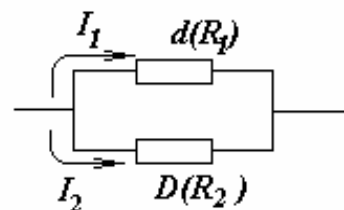
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{\mu_1 M}{\mu_2 M} - 1}{\mu_1 + \mu_1 \frac{M}{m}} = \frac{\mu_1 M - \mu_2 m}{\mu_1 \mu_2 (M + m)} = 0,21. \quad (2)$$

Таким образом, человек должен тянуть сани под углом большим чем $\alpha = \arctg(0,21) = 12^\circ$ к горизонту.

Из (2) видно, что при $\mu_2 m > \mu_1 M$ угол становится отрицательным ($\operatorname{tg} \alpha < 0$), в этом случае тянуть сани можно горизонтально. Заметим, что сдвинуть сани возможно при любом малом $\mu_2 \neq 0$, но для этого важно, чтобы руки были сильными настолько, чтобы обеспечить необходимое значение T , которое мы, за отсутствием надобности не

вычисляли. (Верхняя оценка для $T = mg$, когда сани станут «невесомыми» для льда; в этом случае нить практически вертикальна.)

9-2. Для правильного решения задачи необходимо учитывать распределение токов между проволочками – в какой именно из них раньше будет достигнуто предельное значение тока.



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{d^2}{D^2}. \quad (1)$$

Из (1) следует, что при токе через R_2 равном $5A$ (предельном), ток через R_1 равен $1,25 A$. Поэтому в первом варианте сборки предохранителя первой расплавится толстая проволочка ($D = 0,6$ мм). В этот момент ток в цепи будет $I = 5A + 1,25A = 6,25A$ – иными словами, после разрыва контакта в цепи R_2 весь этот ток немедленно «сожжет» и тонкую проволочку, т.е. предохранитель выполнит свою функцию и полностью разомкнет цепь.

Во втором случае (соотношение (1) остается в силе) опять же первой расплавится толстая проволочка (R_2) при токе $5A$. При этом полный ток в цепи:

$$I = I_2 + 1,25 \cdot 20 = 30 A.$$

После равномерного распределения по тонким проволочкам:

$$I'_1 = \frac{30}{20} A = 1,5 A. \quad (2)$$

Как видим из (2) при таком токе тонкие проволочки еще уцелеют. Перегорят они при большом токе, а именно:

$$I''_1 = 1,8 A \cdot 20 = 36 A.$$

Таким образом, данные составные предохранители рассчитаны на токи $6,25 A$ и $36 A$ и работают по принципу: где «толсто», там и перегорает.

9-3. Прежде всего отметим, что начальный участок графика – почти прямолинейный, а это означает, что потери тепла тут малы. Это дает нам возможность оценить из графика мощность потерь тепла (т.е. количество отводимой по всей поверхности системы теплоты в единицу времени). Для этого сравним наклоны касательных в разных точках графика.