

Задача 9-1. Пусковое устройство.

1. Из условия равновесия ракеты следует, что

$$m_0 g = 4F_{mp.}, \quad (1)$$

где $F_{mp.}$ - сила трения между корпусом ракеты и упором держателя. Условие равновесия штанги выполняется при равенстве моментов сил трения (которая по модулю равна силе трения, действующей на корпус ракеты) и силы нормальной реакции N относительно оси вращения штанги

$$Nl_0 \sin \alpha = F_{mp.} l_0 \cos \alpha. \quad (2)$$

При записи этого условия учтено, что моменты сил тяжести и реакции в оси равны нулю.

Сила трения покоя не может превышать значения

$$F_{mp.} < \mu N \quad (3)$$

Выражая из уравнения (2) значение силы трения и подставляя его в неравенство (3), получим, что коэффициент трения должен удовлетворять условию $\mu > \tan \alpha$. То есть минимальное значение коэффициента трения, при котором ракета будет находиться в покое равно

$$\mu_0 = \tan \alpha. \quad (4)$$

Отметим, что это значение не зависит от массы ракеты.

2. При наличии противовесов условие равновесия штанги упора имеет вид

$$m_1 g l_1 \cos \alpha + N l_1 \sin \alpha = F_{mp.} l_0 \cos \alpha. \quad (5)$$

Выразим из этого уравнения значение силы нормальной реакции

$$N = \frac{F_{mp.} l_0 \cos \alpha - m_1 g l_1 \cos \alpha}{l_0 \sin \alpha} \quad (6)$$

и подставим его в неравенство (3)

$$F_{mp.} < \mu \frac{F_{mp.} l_0 \cos \alpha - m_1 g l_1 \cos \alpha}{l_0 \sin \alpha}. \quad (7)$$

Это выражение преобразуется к виду

$$F_{mp.} l_0 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) > \mu m_1 g l_1 \cos \alpha \quad (8)$$

Из уравнения (1) выразим значение силы трения $F_{mp.} = \frac{m_0 g}{4}$ и подставим его в неравенство (8), решая которое находим:

$$m < \frac{m_0 l_0}{4 l_1} \left(1 - \frac{\tan \alpha}{\mu} \right). \quad (9)$$

Наконец, учитывая, что $\mu = 1,25 \mu_0 = 1,25 \tan \alpha$, получим

$$m < \frac{m_0 l_0}{20 l_1}. \quad (10)$$

3. Когда силы тяги двигателей ракеты станет равной силе тяжести ракеты силы трения обратятся в нуль. Следовательно, при наличии противовесов любой массы штанги начнут опрокидываться. То есть $F_{\min} = m_0 g$.

