

О механизмах диссипации энергии при микрокачаниях маятника с опорой на два шарика

Джилавдари И.З., Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

С развитием современного приборостроения остро встала проблема точного позиционирования элементов приборов. Основным фактором, ограничивающим точность, является трение в начале движения и в точках реверса. Установлено, что трение качения обусловлено тремя причинами: несовершенством упругости, адгезией и взаимным проскальзыванием контактирующих тел.

Целью данной работы является оценка моментов и сил трения качения, в условиях самого начала процесса качения.

В случае смещения шара, существенно меньшего радиуса контакта, момент силы трения, обусловленный «трением по Рейнольдсу»:

$$|M_R| = 10^{-4} \beta P Y \alpha \left[(l_c - R) - \frac{1}{2} l_c \alpha^2 \right], \quad (1)$$

где β – мера различия упругих свойств в контакте; P – нагрузка; Y – безразмерный параметр; α – угол отклонения маятника; l_c – расстояние от центра шарика до центра масс маятника; R – радиус шара.

Момент силы трения, обусловленный «трением по Хизкоуту»

$$M_H \approx V \mu P \alpha^2 \left[(l_c - R) - \frac{1}{2} l_c \alpha^2 \right], \quad (2)$$

где V – безразмерный параметр; μ – коэффициент трения скольжения.

Тангенциальные силы, обусловленные дисбалансом маятника.

$$F_{\text{тр}} \approx m \delta R \omega^2 \alpha \cos \omega t, \quad (3)$$

где m – масса маятника; δ – параметр, характеризующий положение центра масс маятника относительно поверхности шариков; $\omega = 2\pi/T$.

Отсюда следует, что, если физический маятник специально сбалансирован так, чтобы при $\alpha=0$ центр масс находится на пятне контакта, то при $\alpha \ll 1$ моменты трения, действующие на маятник и связанные как с наличием микроскольжения, обусловленных эффектами Рейнольдса и Хизкоута, так и с действием горизонтальной составляющей ускорения центра масс маятника, становятся пренебрежимо малыми. В этих условиях процесс качения шариков отвечает условию «чистого качения», когда проскальзывание отсутствует.