

Лабораторная работа 1.2.2 Экспериментальная проверка закона вращательного движения на крестообразном маятнике

1 Аннотация

1.1 Цель работы

Экспериментально проверить уравнение (1), получив зависимость углового ускорения от момента инерции и момента прикладываемых к системе сил, а также проанализировать влияние сил трения, действующих в оси вращения.

1.2 Используемые приборы

В работе используется крестообразный «маятник» (рис. 2), перегрузки разной массы, установка с датчиком и компьютер, с помощью которого происходит управление.

1.3 Ожидаемые результаты

Убедимся в справедливости соотношения (1), на основе экспериментальных данных получим зависимость углового ускорения от момента инерции и момента прикладываемых к системе сил. Проанализируем влияние на результаты сил трения в оси.

2 Теоретические сведения

Закон вращательного движения:

$$\hat{I}\ddot{\varphi} = \vec{M}, \text{ где } \ddot{\varphi} \equiv \dot{\omega} \equiv \vec{\beta}, \vec{M} = \sum_i \vec{M}_i \quad (1)$$

На маятник действуют два момента сил: силы натяжения нити M_T : $M_T = rT$, где r - радиус шкива и момент силы трения $M_{тр}$. Силу T выразим из уравнения движения платформы:

$$(m_{п} + m_{г})\beta r = (m_{п} + m_{г})g - T \implies M_T = (m_{п} + m_{г})r(g - \beta r),$$

где $m_{п}$ - масса платформы, $m_{г}$ - масса грузика. Пусть $m_H = (m_{п} + m_{г})$. Откуда согласно основному уравнению вращательного движения:

$$(I + m_H r^2)\beta = m_H g r - M_{тр}$$

Рассмотрим момент силы трения. Его зависимость от скорости не ясна, однако может иметь как составляющую, пропорциональную силе реакции в оси N (сухое трение), так и составляющую, пропорциональную угловой скорости вращения (вязкое трение). Учитывая, что сила

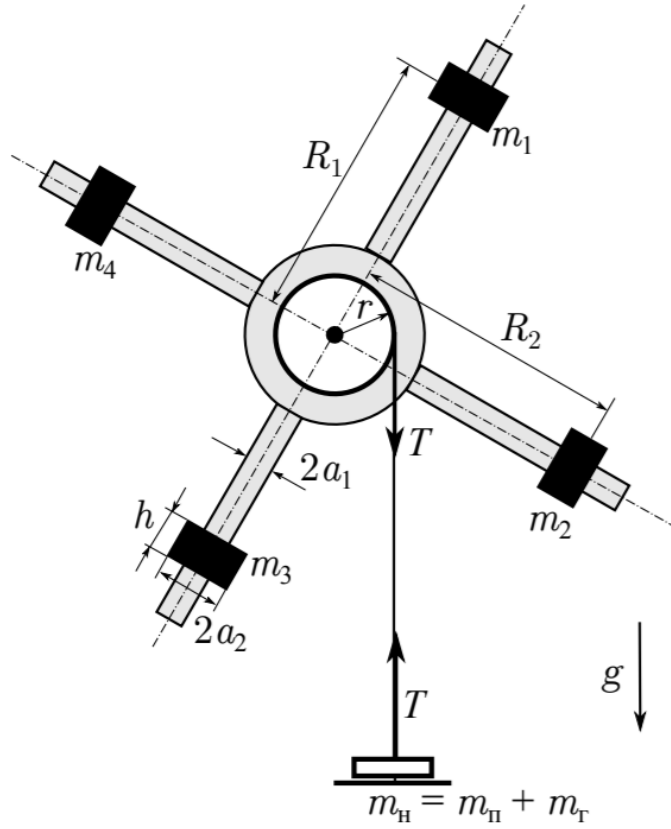


Рис. 1: Крестообразный маятник Обербека

реакции уравновешенного маятника равна $N = m_M g + T \approx (m_M + m_H)g \approx m_M g$, где m_M – масса маятника. Тогда:

$$M_{\text{тр}} \simeq \left(1 + \frac{m_H}{m_M}\right) M_0 + \eta\omega \approx M_0 + \eta\omega$$

где M_0 – момент сил трения для покоящегося маятника при нулевой массе подвеса, m_M – масса маятника

Для расчета момента инерции системы, предположим, что грузы m_i имеют форму полых цилиндров, внутренний и внешний радиус которых известен, образующая h

$$I = I_0 + \sum_{i=1}^4 (I_i + m_i R_i^2)$$

где I_0 – момент инерции системы без грузов, R_i – расстояние от центров масс грузов до оси вращения

$$I_i = \frac{1}{12} m_i h^2 + \frac{1}{4} m_i (a_1^2 + a_2^2)$$

– момент инерции груза относительно оси, проходящей через его центр масс.

Используемые приближения:

$$m_M \gg m_H \\ m_H r^2 \ll I \implies M_H \approx m_H g r \implies T \approx m_H g$$