Лабораторная работа № 06

Изучение законов динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека.

Целъ работы – изучение законов динамики вращательного движения на основе маятника Обербека.

В данной работа определяются момент инерции системы и момент сил трения.

Методика эксперимента

Основное уравнение динамики вращательного движения имеет вид:

$$I\varepsilon = \Sigma M \qquad (1)$$

где I - момент инерции тела, ε - угловое ускорение, ΣM - сумма проекции на ось вращения моментов внешних сил. Измеряя время t , в течение которого платформа с грузом опускается на расстояние h (рис. I),; можно найти линейное ускорение груза a :

$$a = \frac{2h}{t^2} \qquad (2)$$

и угловое ускорение крестовины ε :

$$\varepsilon = a / r \qquad (3)$$

Где r - радиус диска, на который намотана нить. Опускающийся груз натягивает нить и создает вращающий момент:

$$M = Tr \qquad (4)$$

Здесь T - сила натяжения нити, которую находим из уравнения движения груза

$$Mg - T = ma \qquad (5)$$

где M - масса опускающегося груза. Из уравнение (4) и (5) для момента вращающей силы: имеем:

$$M = m(g-a)r \qquad (6)$$

Кроме того, на маятник действует момент силы трения в оси $M_{тр}$. С учетом этого уравнение (1) имеет вид:

$$Ia/r = m(g-a)r - M_{тр} \qquad (7)$$

Момент инерции I, входящий в выражение (7), может быть записан в виде

$$I = I_k + 4m_1R^2 \qquad (8)$$

Здесь R - расстояние центров грузов m_1 от оси вращения, I - момент инерции крестовины и втулки.

Описание установки

Установка (маятник Обербека рис.1) состоит из иеследуе ного тела в видь крестовины I ,

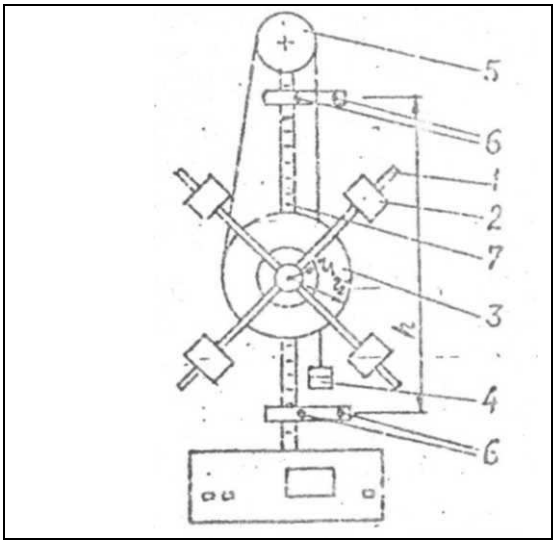

Рис.1. Схема установки

На четырех взаимно перпендикулярных стержнях могут перемещаться четыре груза ***1*** массой m_1 каждый. На горизонтальной оси крестовины имеется двухступенчатый шкив 3, на один из дисков которого наматывается нить. Радиус большего диска r_2=0.042 м , меньшего r_1 = 0,021 м. Один конец нити пркроплен к диску, а на втором конце нити подвешен груз 4. Нить перекинута через неподвижный блок 5. При падении груза нить разматывается, приводя кресовину в равноускоренное вращательное движение. Моменты начала и конца движения падающего груза фиксируются двумя фотоэлектрическими датчиками, расположенными на верхней и нижней платформах. Высота падений груза *h* задается перемещением верхней платформы относительно вертикально колонки 7 с линейкой.

Порядок выполнения работа

I. Установить заданную высоту падения груза *h*.

2. Установить необходимую массу груза m_i , совместив его нижний край с чертой на корпусе верхнего фотоэлектрического датчика.

3. Нажать клавишу "пуск". После опускания груза 5-7 раз измерить значение времени *t*.

4. При неизменных условиях измерения времени повторить 5-7 раз и вычислить среднее значение. Перед повторением измерений необходимо начать клавишу "сброс".

Задание I. .Исследование зависимости углового ускорения от момента внешней силы М при постоянном моменте инерции системы.

Уравнение (7) представим-в виде уравнения прямой линии y = $A+Bx$:

$$\varepsilon = \frac{M_{тр}}{I} + \frac{1}{I}M \qquad (9)$$

где $y=\varepsilon = a/r$, $x=M=m(g-a)r$

$$A = -\frac{M_{тр}}{I} \qquad (10)$$

$$B = \frac{1}{I} \qquad (11)$$

Записать значения величин : h = м, ... r = … м, m_i =… кг, R = … м. Провести измерения с 5-7 грузиками m_i и заполнить таблицу 1.

Таблица 1

i	m_i кг	t_i, с	$a = \frac{2h}{t^2}$	$y_i = \frac{a_i}{r}$	$x_i = M_i = m_i((g-a)r$
1 2 3 n					

Обработку реэультатов провести в среде Exel.

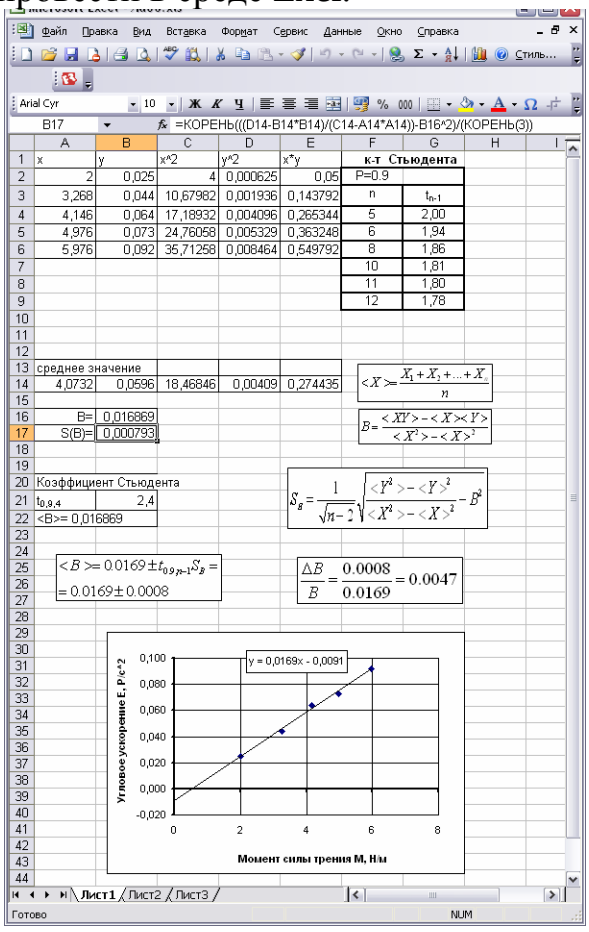

Рис.2. Образец обработки результатов измерения о

1. Построить график. Из графика определить угловой коэффициент B и его среднеквадратичную погрешность S_b..

2. По найденному значении B из (11) найти среднее значение момента инерции системы $<I> = 1/B$.

3. Определить погрешность $\Delta I = t_{p=0.9,n-1}\frac{S_B}{B}<I>$, где $t_{p=0.9,\ n-1}$ – коэффициент Стьюдента.

4. Результат представить в виде $I =< I > + t_{p=0.9,n-1}\frac{S_B}{B}< I >$.

5. Из графика определить A и его погрешность $\Delta A = t_{p=0.9,n-1} S_A = t_{p=0.9,n-1} S_B < x >$.
($S_A = S_B < x >$).
6. По найденному значению A из (10) найти среднее значение момента сил трения $<M_{тр}> = A<I>$.

7. Вычислить погрешность $\Delta M = t_{p=0.9,n-1}\sqrt{\left(\frac{S_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{S_B}{B}\right)^2}$ $<M_{тр}>$

8. Результат представить в виде: $M_{тр}=<M_{тр}>\pm\Delta M_{тр}$

Задание 2. Исследование зависимости момента инерции системы от ее геомет рии при постоянном моменте силы. Определить момент инерции крестовины I_k и массу грузов на ней.

Из (7) при $M_{тр} = 0$ для момента инерции системы имеем:

$$I = \frac{m(g-a)r^2}{a} \qquad (12)$$

Записать значения величин: высоты подъёма платформы h = м, массу грузов на крестовых стержнях m = кг, расстояние этих грузов от оси вращения R_i = м, и сумму масс платформы и груза на ней m_i = кг.

Провести измерения с 7-10 значениями R_i и заполнить таблицу 2.

Таблица 2.

i	R_i м	t_i, с	$a_i = \frac{2h}{t_{i\,2}}$	$x_i = R_i^2$	$y_i = \frac{m_i(g-a_i)r^2}{a_i}$
1 2 3 n					

Уравнение (8) $I= I_k+4mR^2$, запишем в виде уравнения прямой линии: Y= A +BX, где $A = I_k$, B = 4m и $x = R^2$.

Построить график Y от X. Убедиться в линейной зависимости I от R^2. Тогда момент инерции крестовины I_k = A.

Массу грузов на крестовине можно найти из B = 4m.

А. Графичесий метод.

Из графической зависимости I от R^2 определить коэффициенты A и B.

Из полученных коэффициентов определить I_k = A и m = B/4.

Сделать выводы по полученным результатам.

В. Аналитический метод.

Рассчитать коэффициенты A, B и S_B.

Из полученных коэффициентов определить $<I_k>$ = A и <m> = B/4.

Рассчитать погрешности полученных величин.

ΔIk = SA <x>, $\Delta m = \frac{S_B}{B}\langle m\rangle$, $S_A = S_B\sqrt{\langle x^2\rangle - \langle x\rangle^2}$.

Результаты записать в виде: $I_к = \langle I_к\rangle \pm \Delta I_к$, $m = \langle m\rangle \pm \Delta m$.

Сделать выводы по полученным результатам.

Контрольные вопросы

1. Запишите уравнение кинематики вращательного движения и дайте определения кинематических величин.
2. Запишите основное уравнение динамики вращательного движения и дайте определения величин, входящих в него.
3. Запишите связь между тангенциальным (касательный) к угловым ускорением.
4. В чем проявляется аддитивность момента инерции?
5. Как изменится время падения груза, если: с крестовин снять 4 подвижных грузов, уменьшить массу падающего груза, и почему?
6. От чего зависит момент сил трения в данной установке?
7. Запишите уравнение закона сохранения механической энергии для системы тел в данной установке.