

Лабораторная работа №6-в

ИЗУЧЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА МАЯТНИКЕ ОБЕРБЕКА

Цель работы – проверить основной закон динамики вращательного движения.

Приборы и принадлежности: виртуальная установка.

Описание экспериментальной установки

Установки для выполнения данной виртуальной лабораторной работы показана на рисунке 1.



Рис. 1 Общий вид установки

Маятник Обербека представляет собой крестовину, состоящую из четырех стержней, укрепленных на втулке под прямым углом. На ту же втулку насажен шкив радиусом r . На стержнях находятся грузы массой m_1 каждый. Ось закреплена в подшипниках так, что вся система может вращаться вокруг горизонтальной оси. Передвигая грузы по стержням, можно изменять момент

инерции J маятника. На шкив наматывается нить, к которой привязан груз известной массы m . Нить натягивается и создает вращающий момент, который можно изменять, изменяя радиус шкива.

Общие положения

Вращение твердого тела постоянной массы вокруг неподвижной оси описывается основным законом динамики вращательного движения

$$M = J\varepsilon, \quad (1)$$

где M – момент внешних сил, действующих на тело;

J – момент инерции тела;

ε – угловое ускорение.

Момент инерции J_1 всей вращающейся системы относительно оси вращения складывается из момента инерции крестовины и момента инерции грузов:

$$J_1 = J_0 + 4m_1R_1^2, \quad (2)$$

где J_0 – момент инерции крестовины без грузов относительно оси вращения;

R_1 – расстояние от оси вращения до середины груза;

m_1 – масса груза на стержне.

При изменении расстояния R от оси вращения до грузов m_1 , момент инерции системы изменится и станет равным:

$$J_2 = J_0 + 4m_1R_2^2 \quad (3)$$

Вычтем одно выражение из другого

$$J_2 - J_1 = 4m_1(R_2^2 - R_1^2) \quad (4)$$

Правая часть равенства может быть вычислена по данным m_1 , R_1 , R_2

Значения J_1 и J_2 определим с помощью основного закона динамики вращательного движения (1). Вращающий момент M создаётся силой натяжения

нити T . Он равен произведению силы натяжения нити на плечо. Плечом является радиус шкива.

Силу натяжения нити определим из второго закона Ньютона. На груз массой m действуют две силы: сила тяжести mg и сила натяжения нити T . Под действием этих сил он движется вниз равноускоренно с ускорением a . Запишем второй закон Ньютона в проекции на направление движения:

$$mg - T = ma.$$

отсюда

$$T = m(g - a) \quad (5)$$

Вращающий момент:

$$M = Tr = m(g - a)r. \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в формулу (1), найдем момент инерции вращающейся системы:

$$J = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{m \cdot (g - a) \cdot r}{\varepsilon} \quad (7)$$

Угловое и линейное ускорения связаны соотношением:

$$a = \varepsilon r. \quad (8)$$

Груз m движется равноускоренно, поэтому:

$$h = \frac{at^2}{2}.$$

Отсюда

$$a = \frac{2h}{t^2},$$

тогда

$$\varepsilon = \frac{2h}{t^2 r}.$$

Подставляя значения a и ε в выражение (7), получим:

$$J = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \quad (9)$$

По формуле (9) можно вычислить J_1 и J_2 , затем разность моментов инерции и проверить равенство (4), выполнение которого подтверждает справедливость основного закона динамики вращательного движения.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Что представляет собой маятник Обербека?
2. Какой закон используется для определения момента инерции вращающейся системы в данной работе?
3. Какая сила создает вращающий момент? Чему он равен?
4. Какая физическая величина изменяется при перемещении грузов на стержнях?
5. Какие величины измеряются непосредственно в данной работе?
6. Запишите формулу, по которой рассчитывается момент инерции системы. Поясните смысл обозначений.
7. Как проверяется справедливость равенства (4)?

Выполнение работы

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и подготовить ее к работе, перейдя по ссылке
<https://efizika.ru/html5/169/index.html>
<https://efizika.ru/html5/169/index.html>
2. Установить указанные преподавателем параметры: массу m_1 грузов, закрепленных на спицах; массу падающего груза m ; высоту падения груза h , радиус r шкива. Записать их значения в протокол измерения.

3. Установить грузы на спицах на середине спиц (*путем выбора соответствующего значения расстояния грузов до оси вращения R*). Записать значение R в таблицу.

4. Произвести измерение времени падения груза для заданных параметров. *После нажатия кнопки ПУСК включается секундомер, который выключается после остановки груза. Время, которое показывает секундомер, будет высвечиваться на табло.* Записать значение времени t_1 в таблицу.

5. Повторить опыт (пункт 4) еще два раза (*перед каждым опытом не забываем сбрасывать показания секундомера*).

6. Установить грузы на концах спиц (*см. пункт 3*). Записать значение R в таблицу.

7. Повторить опыты (пункты 4 и 5) для данного положения грузов. Записать результаты измерений в таблицу.

Оформление отчета

1. Расчеты

1. Вычислить моменты инерции J_1 и J_2 по формуле (9).
2. Рассчитать разность моментов инерции (левая часть формулы (4)).
3. Рассчитать правую часть формулы (4), используя измеренные значения R_1 , R_2 и известное значение m_1 .
4. Сравнить результаты, полученные в п. 2 и п. 3.

Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Запишите формулу.
2. Дайте определение момента силы. Как определяется его направление?
3. Сформулируйте теорему Штейнера. Запишите формулу.
4. Какой вывод можно сделать из сравнения результатов, полученных в пунктах 2 и 3?

ОТЧЁТ

Студента _____
(ФИО) _____ Группа _____

по лабораторной работе № 6-в
ИЗУЧЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА МАЯТНИКЕ ОБЕРБЕКА

Цель работы – _____

Приборы и принадлежности: _____

Отчёт должен содержать:

1. Письменные ответы на вопросы к разделу «Подготовка к работе».
2. Протокол измерений.
3. Расчёты.
4. Графики.
5. Вывод.
6. Письменные ответы на вопросы к разделу «Защита работы».

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 6-в

Выполнил(а) _____

Группа _____

Масса грузов на спицах $m_1 =$ _____

Масса падающего груза $m =$ _____

Высота падения груза $h =$ _____

Радиус шкива $r =$ _____

№	$R, \text{см}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_{\text{ср}}, \text{с}$	$J, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	Примечание
1							Грузы находятся на середине спиц
2							Грузы находятся на концах спиц