

УДК 631.312.32:001.57

Методика определения момента инерции корпуса плуга.

Дюжаев В.П., к.т.н.

Шевченко И.А., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-11-72

Аннотация – В работе рассматривается методика экспериментального определения момента инерции корпуса плуга методом физического маятника. Представлены результаты апробирования данной методики на примере корпуса плуга на упругой подвеске.

Ключевые слова – корпус плуга, физический маятник, момент инерции.

Постановка проблемы. Для исследования динамики взаимодействия корпуса плуга на упругой подвеске [1] необходимо знать его момент инерции, который трудно определить аналитически. Поэтому, приходится применять экспериментальные методы определения моментов инерции, в частности, метод физического маятника.

Анализ последних исследований. На практике обычно применяется момент инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести детали и расположенный перпендикулярно плоскости её движения [2]. Момент инерции деталей, центр тяжести которых не лежит на оси подвеса и имеет отверстие для их подвешивания на призме удобно определять методом физического маятника [3].

Цель работы. Разработать методику экспериментального определения момента инерции корпуса плуга.

Основная часть. При определении момента инерции тела колеблющуюся часть корпуса плуга на упруго-шарнирной подвеске подвесим на призму за отверстие, в котором расположен подшипник качения, и представим её как физический маятник. Рассмотрим сечение маятника плоскостью, перпендикулярной оси подвеса и проходящей через центр масс корпуса плуга. Маятник выводится из состояния

равновесия и его положение определяется углом φ отклонения от вертикали. Задаём системе колебания с небольшим углом отклонения до 10° , при этом $\sin \varphi \approx \varphi$ и колебания приближенно можно считать гармоническими. Дифференциальное уравнение колебаний запишем в виде

$$J_0 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = L_0, \quad (1)$$

где J_0 - момент инерции относительно оси подвеса,

φ - угол отклонения от положения статического равновесия,

L_0 - момент силы тяжести относительно оси подвеса.

Восстанавливающий момент определяется по формуле

$$L_0 = G \cdot a \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

где $G = Mg$ – вес исследуемого тела,

a – расстояние центра тяжести от оси подвеса.

Дифференциальное уравнение колебаний маятника относительно оси подвеса принимает вид

$$J_0 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = G \cdot a \cdot \sin \varphi. \quad (3)$$

Вследствие малости угла φ принимаем $\sin \varphi \approx \varphi$.

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{Mga}{J_0} \varphi = 0. \quad (4)$$

Обозначим $k^2 = \frac{Mga}{J_0}$. Тогда $k = \sqrt{\frac{Mga}{J_0}}$ - круговая частота гармонических колебаний.

Для гармонических колебаний период определяется по формуле

$$T = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \sqrt{\frac{J_0}{Mga}}. \quad (5)$$

Отсюда определяется момент инерции

$$J_0 = \frac{MgaT^2}{4\pi^2}. \quad (6)$$

По теореме Гюйгенса – Штейнера определяем момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр тяжести

$$J_s = J_0 - Ma^2 \quad (7)$$

$$J_s = Ma \left(\frac{gT^2}{4\pi^2} - a \right). \quad (8)$$

Эксперимент выполняется в следующей последовательности:

1. Определяем массу корпуса плуга.
2. Определяем положение центра тяжести корпуса плуга и измеряем его расстояние до оси подвеса.
3. Подвешиваем корпус плуга на призме за отверстие, предназначенное для подшипника.
4. Выводим корпус плуга из состояния равновесия и задаём ему колебания с углом отклонения $< 10^\circ$.
5. Замеряем период 20 полных колебаний. Эксперимент выполняем в 5 повторностях.
6. Определяем средний период одного колебания и его абсолютную и относительную погрешность.
7. Определяем центральный момент инерции по формуле 8.

Данная методика апробирована на примере корпуса плуга на упруго-шарнирной подвеске (рис.1).

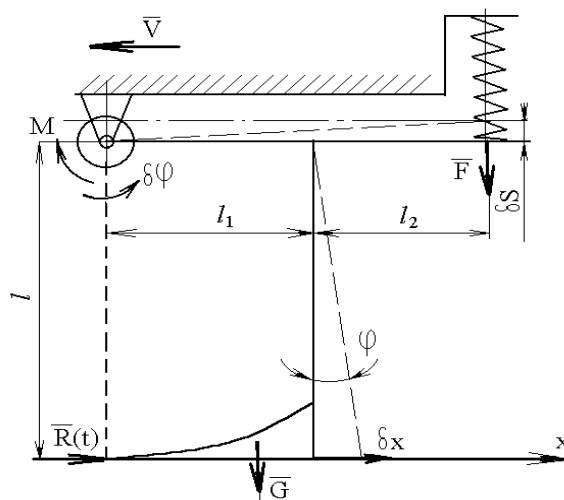


Рис.1. Схема взаимодействия корпуса плуга на упругой подвеске с почвой.

При проведении лабораторного исследования с подвески снимается пружина, удаляется подшипник качения, и корпус плуга подвешивается на призму, как было указано ранее. Результаты эксперимента обрабатываются в соответствии с

математической статистикой. Определяем математическое ожидание пяти повторностей одного периода колебаний

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{n} = 2,07 \text{ с.} \quad (9)$$

где n-количество повторностей.

Определяем предельную абсолютную погрешность в виде среднеквадратического отклонения

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{n(n-1)}} = 0,06. \quad (10)$$

Для оценки качества измерений определяем относительную погрешность

$$\delta = \frac{\sigma_T}{\bar{T}} 100\% = 2,9\% . \quad (11)$$

Результат измерений записываем в виде

$$T = 2,07 \pm 0,06 \text{ с.} \quad (12)$$

Вычисляем значение момента инерции корпуса плуга на упругой подвеске по формуле (8)

$$J_s = 12,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 . \quad (13)$$

Выводы. Приведенная методика позволяет определить момент инерции тел сложной формы при условии возможности подвески тела на призму и представления его в виде физического маятника. Момент инерции корпуса плуга на упруго-шарнирной подвеске равен $J_s = 12,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Литература.

1. В.П. Дюжаев. Обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів пружної підвіски корпусу плуга: Автореф. дис...канд.техн.наук: 05.05.11 / Таврійська державна агротехнічна академія.-Мелітополь, 2007.-22 с.
2. С.М.Тарг. Краткий курс теоретической механики.-М.:Высшая школа,1986.-416 с.
3. Е.М.Никитин. Лабораторные работы по курсу теоретической механики.- Ленинград-Вологда: ЛСХИ, 1974.- 64 с.

METHOD DEFINITION OF THE MOMENT OF INERTIA OF THE CASE A PLOUGH

V.Djuzhaev, I.Shevchenko

Summary

In work is considered a technique of experimental definition of the moment of inertia of the case of a plough by a method of a physical pendulum. The results estimation of the given technique on an example of the case of a plough on an elastic suspension bracket is submitted.